

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-353121

(43)Date of publication of application : 06.12.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/22  
G03F 9/00

(21)Application number : 2001-159388

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 28.05.2001

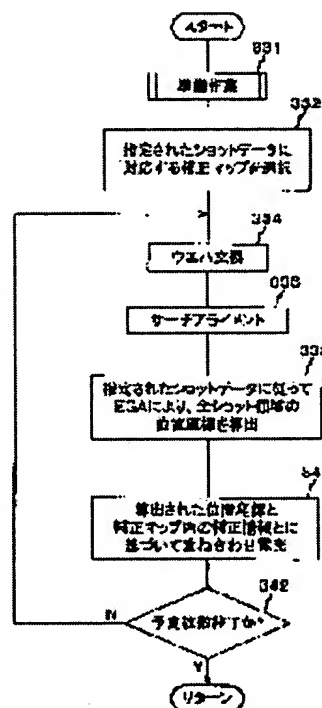
(72)Inventor : KIKUCHI TAKAHISA

## (54) EXPOSURE METHOD AND DEVICE-MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To carry out exposure for maintaining overlapping accuracy appropriately, without deteriorating throughput as much as possible.

SOLUTION: For each of a plurality of conditions regarding a substrate, based on the detection result of a mark on a reference wafer, a correction map is prepared in advance. The correction map corrects the non-linear constituent of the amount of misalignment to a design value in each of a plurality of shot regions on an actual wafer. Then, prior to exposure, a correction map corresponding to authorized shot data or the like is selected (a step 332), and arrangement coordinates in entire shot regions are calculated by wafer exchange, search alignment, and EGA wafer alignment (steps 334 to 338). Based on the arrangement coordinates and correction map, the wafer is moved for accurate exposure almost without overlapping error to each shot region. Even if the correction map is prepared for each condition regarding the treatment of a substrate, throughput in the exposure is not affected.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on a substrate, and forms a predetermined pattern in each partition field. About each of at least two kinds of conditions relevant to said substrate, it is based on the detection result of two or more marks on a specific substrate. at least two kinds of amendment maps which consist of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of two or more partition fields of each on said substrate The map creation process and; exposure which are created beforehand are preceded. It is based on the observation positional information which detects two or more marks prepared corresponding to two or more specific partition fields of each on said substrate, and is acquired. The selection process which chooses the amendment map corresponding to the specified conditions; by the statistics operation The exposure approach containing the exposure process which searches for the positional information used for alignment with the predetermined point of each of said partition field, moves said substrate based on this positional information and said selected amendment map, and exposes said each partition field, and;.

[Claim 2] Said at least two kinds of conditions are the exposure approach according to claim 1 which creates said amendment map including the conditions about at least two kinds of processes via which the substrate went, respectively about each of two or more kinds of specific substrates with which the processes via which it went differ at said map creation process, and is characterized by choosing the amendment map corresponding to the substrate for exposure at said selection process.

[Claim 3] Said at least two kinds of conditions include at least two kinds of conditions about selection of two or more of said specific partition fields where said mark is detected in said exposure process. At said map creation process Detect the mark prepared corresponding to each partition field about each of two or more partition fields on said specific substrate, and are obtained. Calculate the amount of location gaps to the criteria location according to individual, respectively, and for every conditions about selection of said specific partition field Said positional information of each of said partition field is computed by the statistics operation using the observation positional information which detects the mark corresponding to two or more specific partition fields corresponding to said conditions on said specific substrate, and is acquired. Based on this positional information and said amount of location gaps of each of said partition field, the amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of each of said partition field is created. The exposure approach according to claim 1 characterized by choosing the amendment map corresponding to the selection information of the specified specific partition field at said selection process.

[Claim 4] Said specific substrate is the exposure approach according to claim 1 or 3 characterized by being a criteria substrate.

[Claim 5] When [ by which it is a surrounding partition field and the amendment information is not included in said amendment map to the partition field for / on said substrate / exposure at said exposure process ] it is missing and the field is included The exposure approach given in any 1 term of claims 1-4

characterized by computing the amendment information on said chip field by the weighting averaging operator which assumed Gaussian distribution using the amendment information on two or more partition fields contiguous to said chip field in said amendment map.

[Claim 6] It is the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on a substrate, and forms a predetermined pattern in each partition field. Said measured positional information is used. The process which detects two or more marks on a criteria substrate, and measures the positional information of the mark field corresponding to each mark; by the statistics operation The process which computes the positional information on the count by which the linearity component of the amount of location gaps to the design value of each of said mark field was amended; It is based on said measured positional information and positional information on said count. The process and; exposure which create the 1st amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the design value of each of said mark field are preceded. It is based on the information about the array of the specified partition field. Said 1st amendment map It is based on the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired. The process changed into the 2nd amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each of said partition field; by the statistics operation The exposure approach containing the exposure process which searches for the positional information used for alignment with the predetermined point of each of said partition field, moves said substrate based on said positional information and said 2nd amendment map, and exposes said each partition field, and;.

[Claim 7] Conversion of said map is the exposure approach according to claim 6 characterized by being carried out by computing the amendment information on each criteria location by the weighting averaging operator which assumed Gaussian distribution based on the amendment information about two or more adjoining mark fields for every criteria location of each of said partition field.

[Claim 8] Conversion of said map is the exposure approach according to claim 6 characterized by to realize by performing a complement operation for every criteria location of each of said partition field based on the single complement function optimized based on the evaluation result of having evaluated the regularity and extent of nonlinear distortion using the predetermined performance index about the subregion on a substrate, and the amendment information on said each mark field.

[Claim 9] It is the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on two or more substrates using two or more aligners containing at least one aligner which can amend distortion of a projection image, and forms a predetermined pattern in each partition field, respectively. The analysis process which analyzes the superposition error information about at least one specific substrate that it passed through the same process as said substrate measured beforehand; It is based on said analysis result. The 1st decision process which judges whether the error between a partition and the field containing a parallel displacement component which is different in the amount of location gaps of each partition field on said specific substrate is dominant; when the error between a partition and said field is judged to be dominant in said 1st decision process The 2nd decision process which judges whether the nonlinear component for which the error between a partition and said field exceeds a predetermined value is included; when the error between a partition and said field is judged that the nonlinear component exceeding a predetermined value is not included in said 2nd decision process The positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field on said substrate by the statistics operation using the observation positional information which detects the mark corresponding to two or more specific partition fields on said substrate, and is acquired is computed using the aligner of said arbitration. The 1st exposure process which moves a substrate based on this positional information, carries out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate, and forms said pattern in each partition field; when the error between a partition and said field is judged that the nonlinear component exceeding a predetermined value is included in said 2nd decision process The 2nd exposure process which carries out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate using the aligner which can expose a substrate where the error between a partition and said field is amended, and forms said pattern in each partition field; when the



error between a partition and said field is judged not to be dominant in said 1st decision process The exposure approach which chooses one of the aligners which can amend distortion of said projection image, and contains the 3rd exposure process which carries out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate using the this chosen aligner, and forms said pattern in each partition field, and;

[Claim 10] When the error between a partition and said field is judged that the nonlinear component exceeding a predetermined value is included in said 2nd decision process One aligner of the arbitration which can expose a substrate where the error between a partition and said field is amended is chosen. The 3rd decision process and; which judge the size of the superposition error in two or more lots containing the lot with which the substrate for [ by the aligner with which the selection process which directs exposure, and; this exposure were directed ] exposure belongs are included further. At said 2nd exposure process, carry out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate, and it faces forming said pattern in each partition field. When it is judged as a result of said decision that a lot-to-lot superposition error is large, said aligner about a substrate predetermined [ several ], from the head of the lot While computing the positional information used for alignment with a predetermined point by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired The nonlinear component of the amount of location gaps with the predetermined criteria location of each of said partition field is computed using a predetermined function. Said substrate is moved based on said computed positional information and said nonlinear component. About the remaining substrate The positional information used for alignment with a predetermined point by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired is computed. When said substrate is moved based on this positional information and said computed nonlinear component and a lot-to-lot superposition error is judged not to be large as a result of said decision While computing the positional information used for alignment with a predetermined point by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on a substrate, and is acquired about each substrate in a lot the exposure approach according to claim 9 characterized by moving said substrate based on the amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of two or more partition fields of each on this positional information and the substrate created beforehand.

[Claim 11] In the exposure approach which exposes two or more partition fields on a substrate, respectively, and forms a pattern in each partition field Based on the superposition error information on the aligner which exposes said substrate, on said substrate, when the error between a partition and a field is dominant, the 1st alignment mode is chosen. And the 2nd alignment mode which is different from said 1st alignment mode when the error between a partition and said field is not dominant is chosen. The exposure approach characterized by determining the positional information of each of said partition field based on said selected alignment mode from the positional information which detects two or more marks on said substrate, respectively, and is acquired.

[Claim 12] When the error between a partition and said field contains the nonlinear component exceeding a predetermined value, it is based on the positional information which detects two or more marks on a different substrate from said substrate or this, and is acquired. The exposure approach according to claim 11 characterized by using said computed nonlinear component when computing the nonlinear component used for amendment of the positional information determined in said each partition field and exposing said each partition field in said 1st alignment mode.

[Claim 13] When it judges whether the nonlinear component for which the error in said partition field exceeds a predetermined value is included when the error between a partition and said field is not dominant and this decision is denied, while exposing said substrate using said 2nd alignment mode It is the exposure approach according to claim 11 or 12 characterized by exposing said substrate with the aligner which can amend the nonlinear component of the error in said partition field when said decision is affirmed.

[Claim 14] The device manufacture approach which is the device manufacture approach including a

lithography process, and is characterized by exposing using the exposure approach of a publication in any 1 term of claims 1-13 at said lithography process.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the exposure approach and the device manufacture approach, and relates to the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on a substrate, and forms a predetermined pattern in each partition field in more detail, and the device manufacture approach using this exposure approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in the production process of devices, such as a semiconductor device, aligners, such as step-and-repeat method or step - and - scanning method, a wafer prober, or laser repair equipment is used. these equipments -- a substrate top -- being regular (the shape of a matrix) -- it is necessary to carry out alignment (alignment) of each of two or more arranged chip pattern spaces (shot field) to a precision extremely to the predetermined reference point (for example, point of various equipments processing [ processing ]) in the rest frame (namely, rectangular coordinate system specified by the laser interferometer) which specifies the migration location of a substrate

[0003] Especially, in the aligner, in order to face carry out alignment (alignment) of the substrates (a semi-conductor wafer, glass plate, etc.) to the projection location of the pattern formed in the mask or the reticle (it be hereafter name a "reticle" generically) and to prevent the fall of the yield by generating of the defective in the chip of a manufacture phase, always highly precise and maintain to stability be expect the alignment precision.

[0004] Usually, although the circuit pattern (reticle pattern) of ten or more layers is piled up and imprinted on a wafer at an exposure process, when the superposition precision between each class is bad, un-arranging may arise in the property on a circuit. In such a case, a chip will not satisfy an expected property, but when the worst, the chip will become a defective, and the yield will be reduced. So, at an exposure process, the alignment mark is beforehand attached to each of two or more shot fields on a wafer, and the mark location on stage system of coordinates (coordinate value) is detected. After an appropriate time, wafer alignment which carries out alignment (positioning) of the one shot field on a wafer to a reticle pattern based on this mark positional information and the positional information (this is measured in advance) of a known reticle pattern is performed.

[0005] It divides roughly into wafer alignment, there are two methods, and one is a die Bayh die (D/D) alignment method which detects the alignment mark for every shot field on a wafer, and performs alignment. Another is detecting the alignment mark of only some shot fields on a wafer, and searching for the regularity of the array of a shot field, and is a global alignment method which carries out alignment of each shot field. Now, in the device production line, the global alignment method is mainly used from balance with a throughput. The en hunger strike global alignment (EGA) method which specifies the regularity of the array of the shot field on a wafer as a precision with a statistical method is in use so that it may especially be indicated by a Provisional-Publication-No. 61-No. 44429 official report, the Provisional-Publication-No. 62-No. 84516 official report, etc. by current, for example.

[0006] Plurality beforehand chosen as a specific shot field in one wafer with the EGA method (three or

more pieces are required) Usually, after measuring the position coordinate of only about 7-15 shot fields and computing the position coordinate (array of a shot field) of all the shot fields on a wafer using statistics data processing (least square method etc.) from these measurement values, Stepping of the wafer stage is carried out according to the array of this computed shot field. Measurement time amount is short, and ends and this EGA method has the advantage in which the equalization effectiveness is expectable to a random measurement error.

[0007] Here, the statistics art currently performed by the EGA method is explained briefly. the array coordinate on the design of the specific shot field (called a "sample shot field" or an "alignment shot field") of m (m>=3 integer) individual on a wafer -- \*\* (n(Xn, Yn) = 1, 2, ..., m) -- it carries out and a linear model as shown by the degree type (1) about the gap (delta Xn, delta Yn) from the array coordinate on a design is assumed.

[0008]

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} \Delta X_n \\ \Delta Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

[0009] Furthermore, when the gap (measurement value) from the array coordinate on m designs of each actual array coordinate of a sample shot field is set to (deltaxn and deltayn), the sum of squares E of the remainder with the gap from the array coordinate on the design assumed with this gap and the above-mentioned linear model is expressed with a degree type (2).

[0010]

[Equation 2]

$$E = \sum \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (2)$$

[0011] Then, what is necessary is just to ask for the parameters a, b, c, d, e, and f which make this formula min. By the EGA method, the array coordinate of all the shot fields on a wafer will be computed based on parameter a-f which were computed by carrying out, and the array coordinate on a design like the above.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the production line of the same device, superposition exposure between two or more aligners (No.) is often performed. In such a case, since the grid error (error between stage system of coordinates which specifies the migration location of the wafer in each aligner) of the stage between aligners exists, a superposition error will arise. Moreover, temporarily, in the superposition between the case where there is no grid error of a stage between aligners, and each class which passed through process down stream processing, such as etching, and CVD (chemical vapor deposition), CMP (chemical mechanical polishing), also in the same aligner, since a process process gives distortion to the array of a shot field, a superposition error may arise.

[0013] In this case, when array error fluctuation of the shot field on the wafer which is the factor of a superposition error (array error of a shot field) is a linearity-component, it is possible to remove by the wafer alignment of the EGA method mentioned above, but when it is a nonlinear component, it is difficult [ it ] to remove this. This is because it is treating by the EGA method as that whose array error of the shot field on a wafer is linearity so that the above-mentioned explanation may also show.

[0014] This invention was made under this situation and the 1st purpose is in offering the exposure approach which can perform exposure which maintained superposition precision good.

[0015] The 2nd purpose of this invention is to offer the device manufacture approach which can raise the productivity of a micro device.

[0016]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 is the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on a substrate, and forms a predetermined pattern in each partition field. About each of at least two kinds of conditions relevant to said substrate, it is based on the detection result of two or more marks on a specific substrate. at least two kinds of

amendment maps which consist of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of two or more partition fields of each on said substrate. The map creation process and; exposure which are created beforehand are preceded. It is based on the observation positional information which detects two or more marks prepared corresponding to two or more specific partition fields of each on said substrate, and is acquired. The selection process which chooses the amendment map corresponding to the specified conditions; by the statistics operation. It is the exposure approach containing the exposure process which searches for the positional information used for alignment with the predetermined point of each of said partition field, moves said substrate based on this positional information and said selected amendment map, and exposes said each partition field, and;

[0017] The others which are the processes through which the substrate has passed with "the conditions relevant to a substrate" here, For example, the number of alignment shot fields about substrate alignment, such as an EGA method, [ whether it is based on the criteria substrate method with which alignment of a substrate is performed on the basis of criteria substrates, such as a criteria wafer, as well as arrangement of an alignment shot field etc., and ] All the conditions relevant to processing of whether it is based on the interferometer reference systems with which alignment of a substrate is performed on interferometer criteria, a substrate, or a substrate are included amending the perpendicularity error by the deflection of an interferometer mirror etc.

[0018] according to this, at least two kinds of amendment maps which consist of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of two or more partition fields of each on said substrate based on the detection result of two or more marks on a specific substrate about each of at least two kinds of conditions relevant to a substrate are created beforehand.

[0019] Although it is required between arrangement (or layout) of two or more marks on a specific substrate, and arrangement (or layout) of two or more partition fields for there to be fixed relation here, it is not required to prepare the mark corresponding to each partition field. In short, based on the detection result of two or more marks, the positional information of two or more partition fields should just be acquired.

[0020] the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of two or more partition fields of each on a substrate (for example, a design value) can obtain based on a difference with the positional information of two or more partition fields on the specific substrate for which it asked by the positional information of two or more partition fields on the specific substrate obtained based on the detection result of two or more marks for example, on a specific substrate, and the alignment of the EGA method mentioned above. This is because both difference is exactly the nonlinear component of the amount of location gaps from the array error of each partition field, i.e., the criteria location of each partition field, (design value) since an EGA method computes the positional information which amended the linearity component of the array error of the partition field on a substrate (in this case, specific substrate) as positional information of each partition field like the above-mentioned. In this case, even if it performs creation of an amendment map for every conditions relevant to processing of a substrate, since it carries out beforehand regardless of exposure, the throughput in the case of exposure is not affected.

[0021] And if the conditions about a substrate are specified as one of the exposure conditions in advance of exposure, the amendment map corresponding to the conditions about the specified substrate will be chosen. And the positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field by the statistics operation based on the observation positional information which detects two or more marks prepared corresponding to two or more specific partition fields of each on a substrate, and is acquired is searched for, a substrate is moved based on this positional information and said selected amendment map, and each partition field is exposed. Namely, the positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field which amended the linearity component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each partition field obtained by the above-mentioned statistics operation a substrate is moved by making into

a target position positional information amended using the corresponding amendment information (amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of two or more partition fields of each) included in the selected amendment map, and exposure of each partition field on a substrate is performed. Therefore, the highly precise exposure of a superposition error which is not almost is attained to each partition field on a substrate.

[0022] Therefore, according to this invention, it becomes possible to perform exposure which maintained superposition precision good, without reducing a throughput as much as possible.

[0023] Like the exposure approach according to claim 2, in this case, said at least two kinds of conditions In including the conditions about at least two kinds of processes via which the substrate went At said map creation process, said amendment map can be created, respectively about each of two or more kinds of specific substrates with which the processes via which it went differ, and suppose that the amendment map corresponding to the substrate for exposure is chosen in said selection process. Here, although the flow of processes, such as resist spreading, exposure, development, and etching, is the same, it is contained in the conditions about at least two kinds of processes via which the substrate went also when the processing conditions in at least one process differ.

[0024] In the exposure approach given in above-mentioned claim 1 like the exposure approach according to claim 3 said at least two kinds of conditions In including at least two kinds of conditions about selection of two or more of said specific partition fields where said mark is detected in said exposure process At said map creation process, about each of two or more partition fields on said specific substrate The amount of location gaps to the criteria location according to individual which detects the mark prepared corresponding to each partition field, and is obtained is calculated, respectively. Said positional information of each of said partition field is computed by the statistics operation using the observation positional information which detects the mark corresponding to two or more specific partition fields about selection of said specific partition field which correspond to said conditions on said specific substrate for every conditions, and is acquired. Based on this positional information and said amount of location gaps of each of said partition field, the amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of each of said partition field is created. Suppose that the amendment map corresponding to the selection information of the specified specific partition field is chosen at said selection process.

[0025] In each exposure approach given in above-mentioned claims 1 and 3, although it is easy to be natural [ a substrate ] even if a specific substrate is a process substrate, said specific substrate is good also as being a criteria substrate like the exposure approach according to claim 4.

[0026] In each exposure approach given in above-mentioned claims 1-4 like the exposure approach according to claim 5 at said exposure process When [ by which it is a surrounding partition field and the amendment information is not included in said amendment map to the partition field for / on said substrate / exposure ] it is missing and the field is included Suppose that the amendment information on said chip field is computed by the weighting averaging operator which assumed Gaussian distribution using the amendment information on two or more partition fields contiguous to said chip field in said amendment map.

[0027] Invention according to claim 6 is the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on a substrate, and forms a predetermined pattern in each partition field. Said measured positional information is used. The process which detects two or more marks on a criteria substrate, and measures the positional information of the mark field corresponding to each mark; by the statistics operation The process which computes the positional information on the count by which the linearity component of the amount of location gaps to the design value of each of said mark field was amended; It is based on said measured positional information and positional information on said count. The process and; exposure which create the 1st amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the design value of each of said mark field are preceded. It is based on the information about the array of the specified partition field.

Said 1st amendment map It is based on the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired. The process changed into the 2nd amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each of said partition field; by the statistics operation It is the exposure approach containing the exposure process which searches for the positional information used for alignment with the predetermined point of each of said partition field, moves said substrate based on said positional information and said 2nd amendment map, and exposes said each partition field, and;

[0028] According to this, two or more marks on a criteria substrate are detected, the positional information of the mark field corresponding to each mark is measured, and the positional information on the count the linearity component of the amount of location gaps to the design value of each mark field was amended by whose statistics operation using this measured positional information is computed. Here, the same operation as the statistics processing currently performed by the EGA method mentioned above as a statistics operation can be used. Subsequently, based on the measured positional information and the positional information on count, the 1st amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the design value of each mark field is created. In this case, since creation of the 1st amendment map can be beforehand performed regardless of exposure, it does not affect the throughput in the case of exposure.

[0029] And if the information about the array of a partition field is specified as one of the exposure conditions in advance of exposure, it will change into the 2nd amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each partition field for the 1st amendment map based on the specified information. Subsequently, the positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field by the statistics operation based on the observation positional information which detects two or more marks on a substrate, and is acquired is searched for, a substrate is moved based on the positional information and 2nd amendment map, and each partition field is exposed. Namely, the positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field which amended the linearity component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each partition field obtained by the statistics operation performed based on the above-mentioned observation positional information A substrate is moved by making into a target position positional information amended using the corresponding amendment information (amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each partition field) included in the 2nd amendment map, and exposure of each partition field on a substrate is performed. Therefore, the highly precise exposure of a superposition error which is not almost is attained to each partition field on a substrate.

[0030] Therefore, according to this invention, it becomes possible to perform exposure which maintained superposition precision good, without reducing a throughput as much as possible. Especially, according to this invention, since the positional information finally used for alignment with the predetermined point of each partition field on a substrate is amended by the amendment information acquired based on the detection result of the mark on a criteria substrate, improvement in superposition precision can be aimed at, for example for all the aligners used as criteria on the basis of a criteria substrate with the same device production line using it. In this case, it becomes possible to perform superposition exposure between two or more aligners with high precision regardless of the information (shot map data) about the array of the partition field on the substrate in each aligner.

[0031] Like the exposure approach according to claim 7, in this case, conversion of said map Based on the amendment information about two or more adjoining mark fields, by the weighting averaging operator which assumed Gaussian distribution for every criteria location of each of said partition field Can also suppose that it is carried out by computing the amendment information on each criteria location, and like the exposure approach according to claim 8 conversion of said map The single complement function optimized based on the evaluation result of having evaluated the regularity and extent of nonlinear distortion using the predetermined performance index about the subregion on said



criteria substrate, Also suppose that it realizes by performing a complement operation for every criteria location of each of said partition field based on the amendment information on said each mark field.

[0032] Invention according to claim 9 is the exposure approach which carries out sequential exposure of two or more partition fields on two or more substrates using two or more aligners (1001-100N) containing at least one aligner which can amend distortion of a projection image, and forms a predetermined pattern in each partition field, respectively. The analysis process which analyzes the superposition error information about at least one specific substrate that it passed through the same process as said substrate measured beforehand; It is based on said analysis result. The 1st decision process which judges whether the error between a partition and the field containing a parallel displacement component which is different in the amount of location gaps of each partition field on said specific substrate is dominant; when the error between a partition and said field is judged to be dominant in said 1st decision process The 2nd decision process which judges whether the nonlinear component for which the error between a partition and said field exceeds a predetermined value is included; when the error between a partition and said field is judged that the nonlinear component exceeding a predetermined value is not included in said 2nd decision process The positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field on said substrate by the statistics operation using the observation positional information which detects the mark corresponding to two or more specific partition fields on said substrate, and is acquired is computed using the aligner of said arbitration. The 1st exposure process which moves a substrate based on this positional information, carries out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate, and forms said pattern in each partition field; when the error between a partition and said field is judged that the nonlinear component exceeding a predetermined value is included in said 2nd decision process The 2nd exposure process which carries out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate using the aligner which can expose a substrate where the error between a partition and said field is amended, and forms said pattern in each partition field; when the error between a partition and said field is judged not to be dominant in said 1st decision process One of the aligners which can amend distortion of said projection image is chosen, and it is the exposure approach containing the 3rd exposure process which carries out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate using the this chosen aligner, and forms said pattern in each partition field, and;

[0033] According to this, the superposition error information about at least one specific substrate that it passed through the same process as the substrate for [ which was measured beforehand ] exposure is analyzed, and it judges whether the error between a partition and the field containing a parallel displacement component which is different in the amount of location gaps of each partition field on a specific substrate is dominant based on the analysis result. And when it is judged as a result of this decision that the error between a partition and a field is dominant, it judges whether the nonlinear component for which the error between a partition and a field exceeds a predetermined value further is included.

[0034] and when the error between a partition and a field is judged that the nonlinear component exceeding a predetermined value is not included as a result of decision The positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field on said substrate by the statistics operation using the observation positional information which detects the mark corresponding to two or more specific partition fields on a substrate, and is acquired is computed using the aligner of arbitration. A substrate is moved based on this positional information, sequential exposure of two or more partition fields on each substrate is carried out, and a pattern is formed in each partition field. namely, when the error between a partition and the field on a substrate does not contain a nonlinear component (only a linearity component is included) For example, by exposing by moving each substrate based on the positional information used for alignment with the predetermined point of each partition field for which it asked by the same statistics operation as the alignment of the EGA method mentioned above Where a superposition error (linearity component of the amount of location gaps of a partition field) is amended, highly precise exposure is attained.

[0035] On the other hand, when the error between a partition and said field is judged that the nonlinear



component exceeding a predetermined value is included as a result of the above-mentioned decision, sequential exposure of two or more partition fields on each substrate is carried out using the aligner which can expose a substrate after having amended the error between a partition and a field (not only a linearity component but nonlinear component), and a pattern is formed in each partition field. In this case, where a superposition error is amended, highly precise exposure is attained.

[0036] On the other hand, when [ this ] it is judged as a result of the above-mentioned decision that the error between a partition and a field is not dominant, one of the aligners which can amend distortion of a projection image is chosen, sequential exposure of two or more partition fields on each substrate is carried out using the this chosen aligner, and a pattern is formed in each partition field. That is, since either [ at least ] a location gap or deformation has arisen uniformly to all partition fields when there is almost no error between a partition and a field, even if it is the case where nonlinear deformation has arisen to each partition field temporarily by using the aligner which can amend distortion of a projection image, where a superposition error is amended, highly precise exposure is attained.

[0037] As mentioned above, according to this invention, it becomes possible to perform highly precise exposure to two or more substrates, without receiving effect in partial deformation of the substrate for exposure etc.

[0038] In this case, when it is judged that the error between a partition and said field contains a nonlinear component in said 2nd decision process like the exposure approach according to claim 10 One aligner of the arbitration which can expose a substrate where the error between a partition and said field is amended is chosen. When the 3rd decision process and; which judge the size of the superposition error in two or more lots containing the lot with which the substrate for [ by the aligner with which the selection process which directs exposure, and; this exposure were directed ] exposure belongs are included further At said 2nd exposure process, carry out sequential exposure of two or more partition fields on said each substrate, and it faces forming said pattern in each partition field. When it is judged as a result of said decision that a lot-to-lot superposition error is large, said aligner about a substrate predetermined [ several ], from the head of the lot While computing the positional information used for alignment with a predetermined point by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired The nonlinear component of the amount of location gaps with the predetermined criteria location of each of said partition field is computed using a predetermined function. Said substrate is moved based on said computed positional information and said nonlinear component. About the remaining substrate The positional information used for alignment with a predetermined point by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on said substrate, and is acquired is computed. When said substrate is moved based on this positional information and said computed nonlinear component and a lot-to-lot superposition error is judged not to be large as a result of said decision While computing the positional information used for alignment with a predetermined point by the statistics operation using the observation positional information which detects two or more marks on a substrate, and is acquired about each substrate in a lot suppose that said substrate is moved based on the amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of two or more partition fields of each on this positional information and the substrate created beforehand.

[0039] In the exposure approach which invention according to claim 11 exposes two or more partition fields on a substrate, respectively, and forms a pattern in each partition field Based on the superposition error information on the aligner which exposes said substrate, on said substrate, when the error between a partition and a field is dominant, the 1st alignment mode is chosen. And the 2nd alignment mode which is different from said 1st alignment mode when the error between a partition and said field is not dominant is chosen. It is the exposure approach characterized by determining the positional information of each of said partition field based on said selected alignment mode from the positional information which detects two or more marks on said substrate, respectively, and is acquired.

[0040] Here, "the error between a partition and a field" means the error on a substrate which contains a parallel displacement component which is different in the amount of location gaps of each partition field

on a substrate, and "the error in a partition field" means the error on a substrate in case only the same parallel displacement component is contained in the amount of location gaps of each partition field on a substrate or there is no parallel displacement component \*\*\*\* practice.

[0041] According to this, based on the superposition error information on the aligner which exposes a substrate, the 2nd alignment mode which chooses the 1st alignment mode on said substrate when the error between a partition and a field is dominant, and is different from said 1st alignment mode when the error between a partition and said field is not dominant is chosen. And based on the selected alignment mode, the positional information of each of said partition field is determined from the positional information which detects two or more marks on a substrate, respectively, and is acquired.

[0042] On a substrate, namely, when the error between a partition and a field is dominant For example, the 1st alignment mode which can amend the error between a partition and the field is chosen. For example, the 2nd alignment mode which can amend the error in a partition field when the error between a partition and a field is not dominant is chosen. Anyway, according to the selected alignment mode, two or more marks on a substrate are detected, respectively, and the positional information of each partition field is determined based on the detection result of this mark. And a substrate is moved according to this determined positional information, two or more partition fields on a substrate are exposed, respectively, and a pattern is formed in each partition field. while the highly precise superposition exposure which amended the error in a partition field and the error between a partition and a field is attained by this in the case of the former -- the case of the latter -- the error in a partition field -- amendment -- highly precise superposition exposure is attained. Therefore, according to this invention, it becomes possible to perform the selection and the highly precise superposition exposure in alignment mode according to a generating situation with error, without receiving effect in partial deformation of the substrate for exposure etc.

[0043] In this case, when the nonlinear component for which the error between a partition and said field exceeds a predetermined value like the exposure approach according to claim 12 is included, It is based on the positional information which detects two or more marks on a different substrate from said substrate or this, and is acquired. When you compute the nonlinear component used for amendment of the positional information determined in said each partition field and you expose said each partition field in said 1st alignment mode, suppose that said computed nonlinear component is used.

[0044] When the error between a partition and said field is not dominant in above-mentioned claims 11 and 12 like the exposure approach according to claim 13 in each exposure approach of a publication, When it judges whether the nonlinear component for which the error in said partition field exceeds a predetermined value is included and this decision is denied, while exposing said substrate using said 2nd alignment mode When said decision is affirmed, suppose that said substrate is exposed with the aligner which can amend the nonlinear component of the error in said partition field.

[0045] Invention according to claim 14 is the device manufacture approach including a lithography process, and is the device manufacture approach characterized by exposing using the exposure approach of a publication in any 1 term of claims 1-13 at said lithography process.

[0046]

[Embodiment of the Invention] << -- the whole lithography system 110 configuration concerning the 1st operation gestalt of this invention is roughly shown in the 1st operation gestalt >> drawing 1 .

[0047] This lithography system 110 is equipped with Aligners 1001, 1002, ..., 100N, the superposition measuring instrument 120, the concentration information server 130, the terminal server 140, and host computer 150 grade of N base. Aligners 1001-100N, the superposition measuring instrument 120, the concentration information server 130, and the terminal server 140 are mutually connected through Local Area Network (LAN) 160. Moreover, the host computer 150 is connected to LAN160 through the terminal server 140. That is, on the hardware configuration, the mutual communication path of aligner 100i (i= 1 - N), the superposition measuring instrument 120, the concentration information server 130, a terminal server 140, and a host computer 150 is secured.

[0048] Aligners [ 1001-100N ] each may be the projection aligner (the so-called "stepper") of a step-and-repeat method, and may be the projection aligner (henceforth a "scanning aligner") of step - and -

scanning method. In addition, in the following explanation, Aligners [ 1001-100N ] all shall be the scanning aligners which have the distortion regulating ability of a projection image. Especially the aligner 1001 shall be a scanning aligner which has the amendment function (it is also hereafter called a "grid amendment function") of the nonlinear error between shot fields. About an Aligners [ 1001-100N ] configuration, it mentions later.

[0049] Said superposition measuring instrument 120 performs [ wafer / of the a large number lot (one lot is 25 sheets) processed continuously, for example ] superposition error measurement about top several wafers or pilot wafers (test wafer) of each lot.

[0050] Namely, the above-mentioned pilot wafer etc. is in the condition that exposure was performed by the predetermined aligner according to the process, and the above pattern was already formed further. It is supplied to the aligner which may be used henceforth [ the following layer (layer) ], for example, each aligner 100i. The pattern (a registration measurement mark (superposition error measurement mark) is included in this pattern at least) of a reticle is actually imprinted by those aligners, processing of development etc. is performed after that, and it is supplied to the superposition measuring instrument 120. And it computes superposition error information (superposition error information on the aligner which may be used henceforth [ the following layer (layer) ]) by the superposition measuring instrument 120 measuring the superposition error (relative-position error) of the registration measurement mark images (for example, resist image) formed on the occasion of exposure of a different layer on the thrown-in wafer, and performing a further predetermined operation. namely, the superposition measuring instrument 120 -- this -- it carries out for obtaining and the superposition error information on each pilot wafer is measured.

[0051] The control system (un-illustrating) of the superposition measuring instrument 120 delivers and receives the data later communicated and mentioned between the concentration information servers 130 through LAN160. Moreover, this superposition measuring instrument 120 communicates between host computers 150 through LAN160 and a terminal server 140. Furthermore, the superposition measuring instrument 120 can also be communicated among Aligners 1001-100N through LAN160.

[0052] Said concentration information server 130 consists of large capacity storage and a processor. In large capacity storage, the exposure historical data about the lot of Wafer W are memorized. The adjustment (amendment) parameter of the image formation property of each aligner 100i at the time of exposure of each class besides the superposition error information on each aligner 100i measured about the pilot wafer corresponding to the wafer of each lot measured in advance with the superposition measuring instrument 120 etc. (it is hereafter called "the superposition error information on the wafer of a lot") etc. is contained in exposure historical data at exposure historical data.

[0053] With this operation gestalt, the superposition error data at the time of exposure between specific layers are computed by the control system (or other computers) of the superposition measuring instrument 120 based on the superposition error information measured by the superposition measuring instrument 120 like the above-mentioned about a pilot wafer (test wafer) or several wafers of the head of each lot about the wafer of each lot, and it is stored in the large capacity storage of the concentration information server 130.

[0054] Said terminal server 140 is constituted as a gateway processor for absorbing the difference with the communications protocol in LAN160, and the communications protocol of a host computer 150. By the function of this terminal server 140, the communication link between a host computer 150, and each aligners 1001-100N and the superposition measuring instrument 120 which were connected to LAN160 is attained.

[0055] Said host computer 150 consists of large-sized computers, and is performing generalization control of wafer down stream processing which includes a lithography process at least with this operation gestalt.

[0056] The outline configuration of the aligner 1001 which is a scanning aligner which has a grid amendment function is shown in drawing 2 . A grid amendment function means the function which amends this, when the nonlinear error component which is a parallel displacement component is contained in two or more position errors between shot fields already formed on the wafer.

[0057] The aligner 1001 is equipped with the wafer stage WST in which the reticle stage RST holding an illumination system 10 and the reticle R as a mask, projection optics PL, and the wafer W as a substrate are carried, and the main control system 20 grade which carries out generalization control of the whole equipment.

[0058] Said illumination system 10 is constituted including the illuminance equalization optical system containing a fly eye lens or a rod integrator (internal reflection mold integrator) as the light source and an optical integrator etc., the relay lens, the adjustable ND filter, the reticle blind, the dichroic mirror (all are un-illustrating), etc. so that it may be indicated by JP,10-112433,A, JP,6-349701,A, etc. The lighting field part of the shape of a slit specified in this illumination system 10 with the reticle blind on the reticle R on which the circuit pattern etc. was drawn is illuminated with an almost uniform illuminance by the illumination light IL. Here, as illumination light IL, vacuum-ultraviolet light, such as far-ultraviolet light, such as KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), or F2 laser beam (wavelength of 157nm), etc. is used. As illumination light IL, it is also possible to use the bright lines (g line, i line, etc.) of the ultraviolet area from an extra-high pressure mercury lamp.

[0059] Reticle R is being fixed by for example, vacuum adsorption on said reticle stage RST. By the reticle stage mechanical component which is not illustrated [ which consists of the two-dimensional linear actuator of for example a magnetic levitation mold ], a reticle stage RST can be driven with the scan speed specified as the predetermined scanning direction (here, it considers as Y shaft orientations) while it can be driven very small in XY flat surface perpendicular to the optical axis (it is in agreement with the optical axis AX of the projection optics PL mentioned later) of an illumination system 10 for positioning of Reticle R. Furthermore, with this operation gestalt, since the thing containing the coil for Z drive other than the coil for X drive and the coil for Y drive is used as a two-dimensional linear actuator of the above-mentioned magnetic levitation mold, it has composition in which the minute drive also to Z shaft orientations is possible in the reticle stage RST.

[0060] The location within the stage migration side of a reticle stage RST is always detected by the reticle laser interferometer (henceforth a "reticle interferometer") 16 with the resolution of about 0.5-1nm through the migration mirror 15. The positional information of the reticle stage RST from the reticle interferometer 16 is supplied to the main control system 20 through a stage control system 19 and this. In a stage control system 19, drive control of the reticle stage RST is carried out through a reticle stage mechanical component (illustration abbreviation) based on the positional information of a reticle stage RST according to the directions from the main control system 20.

[0061] Above Reticle R, the reticle alignment system 22 (however, the reticle alignment system by the side of the space back un-illustrating) of a pair is arranged. The reticle alignment system 22 of this pair consists of illumination light of the same wavelength as the illumination light IL, including respectively the epi-illumination system for illuminating the mark for detection, and the alignment microscope for picturizing the image of the mark for [ that ] detection, although illustration is omitted here. The alignment microscope contains image formation optical system and an image sensor, and the image pick-up result under an alignment microscope is supplied to the main control system 20. In this case, the deviation mirror which is not illustrated for leading the detection light from Reticle R to the reticle alignment system 22 is arranged free [ migration ], and if an exposure sequence is started, a deviation mirror will be evacuated out of the optical path of the illumination light IL in one with the reticle alignment system 22 by the driving gear which is not illustrated by the command from the main control system 20, respectively.

[0062] Said projection optics PL is arranged at the lower part in drawing 1 of a reticle stage RST, and let the direction of the optical axis AX be Z shaft orientations. as projection optics PL -- for example, a both-sides tele cent -- the rucksack contraction system is used. The projection scale factor of this projection optics PL is 1/4, 1/5, or 1 / 6 grades. For this reason, if the lighting field of Reticle R is illuminated by the illumination light IL from an illumination system 10, the contraction image (partial inverted image) of the circuit pattern of the reticle R in that lighting field will be formed through projection optics PL on the wafer W with which the resist (sensitization agent) was applied to the front

face of the illumination light IL which passed this reticle R.

[0063] As projection optics PL, as shown in drawing 1, the refractive media which consist only of the dioptrics component (lens element) 13 of about two or more sheets, for example, 10-20 sheets, are used. The lens element of two or more sheets by the side of a body side (Reticle R side) serves as a moving lens which can be driven in a shift drive and the inclination direction (namely, the hand of cut of the circumference of the X-axis and the hand of cut of the circumference of a Y-axis) over XY side to Z shaft orientations (the direction of an optical axis of projection optics PL) by the non-illustrated driver element, for example, a piezo-electric element etc., among the lens elements 13 of two or more sheets which constitute this projection optics PL. And when the image formation property amendment controller 48 adjusts independently the applied voltage to each driver element based on the directions from the main control system 20, each moving lens drives according to an individual, and the various image formation properties (a scale factor, distortion, astigmatism, comatic aberration, curvature of field, etc.) of projection optics PL are adjusted. In addition, the image formation property amendment controller 48 can control the light source, can shift the main wavelength of the illumination light IL, and can adjust an image formation property by the shift of main wavelength like migration of a moving lens.

[0064] Said wafer stage WST is a lower part in drawing 1 of projection optics PL, it is arranged on the non-illustrated base and the wafer holder 25 is laid on this wafer stage WST. Wafer W is being fixed by for example, vacuum adsorption etc. on this wafer holder 25. The wafer holder 25 is constituted possible [ jogging ] by the non-illustrated mechanical component to the field which intersects perpendicularly with the optical axis of projection optics PL also in the optical-axis AX direction (Z shaft orientations) of projection optics PL that it can incline in the direction of arbitration. Moreover, as for this wafer holder 25, minute rotation actuation of the circumference of an optical axis AX is also attained.

[0065] The wafer stage WST so that two or more shot fields not only migration of a scanning direction (Y shaft orientations) but on Wafer W can be located in said lighting field and an exposure field [ \*\*\*\* ] It is constituted movable by the non-scanning direction (X shaft orientations) which intersects perpendicularly with a scanning direction, and step - and - scan actuation which repeat the actuation which carries out scan (scan) exposure of each shot field on Wafer W, and the actuation which moves to the acceleration starting position for exposure of the next shot field are performed. This wafer stage WST is driven in the XY two-dimensional direction by the wafer stage mechanical component 24 containing a linear motor etc.

[0066] The location in XY flat surface of the wafer stage WST is always detected by the wafer laser interferometer system 18 with the resolution of about 0.5-1nm through the migration mirror 17 formed in the top face. In fact here on the wafer stage WST X migration mirror which has the reflector which intersects perpendicularly with Y migration mirror which has the reflector which intersects perpendicularly with a scanning direction (the direction of Y), and a non-scanning direction (X shaft orientations) is formed. Although Y interferometer with which the wafer laser interferometer 18 also irradiates an interferometer beam at right angles to Y migration mirror corresponding to this, and X interferometer which irradiates an interferometer beam at right angles to X migration mirror are formed. These are typically shown by drawing 1 as the migration mirror 17 and a wafer laser interferometer system 18. That is, with this operation gestalt, the rest frame (rectangular coordinate system) which specifies the migration location of the wafer stage WST is prescribed by the length measurement shaft of Y interferometer of the wafer laser interferometer system 18, and X interferometer. This rest frame is also called "stage system of coordinates" to below. In addition, mirror plane processing of the end face of the wafer stage WST may be carried out, and the reflector of the interferometer beam mentioned above may be formed.

[0067] The positional information on the stage system of coordinates of the wafer stage WST (or rate information) is supplied to the main control system 20 through a stage control system 19 and this. According to directions of the main control system 20, the wafer stage WST is controlled by the stage control system 19 through the wafer stage mechanical component 24 based on the above-mentioned positional information (or rate information) of the wafer stage WST.

[0068] Moreover, the reference mark plate FM is being fixed near the wafer W on the wafer stage WST. The front face of this reference mark plate FM is set as the same height as the front face of Wafer W, and the reference mark for the so-called base-line measurement of the alignment system mentioned later and the reference mark of the reference mark and others for reticle alignment are formed in this front face.

[0069] The alignment system AS of an off axis method is formed in the side face of projection optics PL. As this alignment system AS, the alignment sensor by which as (Field Image Alignment (FIA) system) is indicated by JP,2-54103,A, for example is used here. This alignment system AS irradiates at a wafer the illumination light (for example, white light) which has predetermined wavelength width of face, with an objective lens etc., on the light-receiving side of image sensors (CCD camera etc.), carries out image formation of the image of the alignment mark on a wafer, and a wafer and the image of the index mark on the index plate arranged in a field [ \*\*\*\* ], and detects them. The alignment system AS turns and outputs the image pick-up result of an alignment mark (and reference mark on the reference mark plate FM) to the main control system 20.

[0070] The exposure optical system which is not illustrated [ which supplies the image formation flux of light for forming two or more slit images towards the best image formation side of projection optics PL to an aligner 1001 from the direction of slant to the optical-axis AX direction further ], The multipoint focus detection system of the oblique incidence method which consists of the light-receiving optical system which is not illustrated [ which receives each reflected light bundle in the front face of the wafer W of the image formation flux of light through a slit, respectively ] is being fixed to the supporter (illustration abbreviation) supporting projection optics PL. As this multipoint focus detection system, what is indicated by JP,5-190423,A, JP,6-283403,A, etc., for example, and the thing of the same configuration are used, and, as for a stage control system 19, the wafer holder 25 is driven in Z shaft orientations and the inclination direction based on the wafer positional information from this multipoint focus detection system.

[0071] The main control system 20 is constituted including a microcomputer or a workstation, and generalizes and controls each part of a configuration of equipment. The main control system 20 is connected to LAN160 mentioned above. Moreover, with this operation gestalt, two or more kinds of amendment maps created beforehand are stored in memory, such as stores, such as a hard disk which constitutes the main control system 20, or RAM, as a database.

[0072] The other aligners 1002-100N as well as an aligner 1001 are constituted except for the point that a part of algorithms of a main control system differ.

[0073] Here, the procedure of creation of the above-mentioned amendment map is explained briefly. The creation procedure of this amendment map is greatly performed by production of the criteria wafer as an A. specification substrate, measurement of the mark on B. criteria wafer, and the procedure of creation of a database based on a mark measurement result.

[0074] A. the production criteria wafer of a criteria wafer -- a profile -- it is produced in the following procedure.

[0075] first, a silicon substrate (wafer) -- mostly, the thin film of diacid-ized silicon (or silicon nitride or polish recon etc.) is formed on the whole surface, and, subsequently a sensitization agent (resist) is applied to it on the whole surface of this diacid-ized silicone film using a non-illustrated resist coater (coater). And while loading the substrate after this resist spreading on the wafer holder of the aligner (for example, most reliable scanning stepper used with the same device production line) used as criteria, the non-illustrated reticle for criteria wafers (special reticle in which the pattern to which the reference mark pattern was expanded was formed) is loaded on a reticle stage, and the contraction imprint of the pattern of that reticle for criteria wafers is carried out by step - and - scanning method on a silicon substrate.

[0076] Thereby, imprint formation of the image of a reference mark pattern (wafer alignment marks used for the alignment of a real wafer (a search alignment mark, fine alignment mark, etc.)) is carried out to two or more shot fields on a silicon substrate (it is desirable that it is the shot field of a real wafer and the same number loaded to the aligner with which use is planned).

[0077] Next, the unload of the silicon substrate which this exposure ended is carried out from a wafer



holder, and negatives are developed using a non-illustrated developer (developer). Thereby, the resist image of a reference mark pattern is formed in a silicon substrate surface.

[0078] And etching processing is performed until a substrate front face is exposed to the silicon substrate which this development ended using a non-illustrated etching system. Subsequently, the resist which remains in the silicon substrate surface which this etching processing ended is removed for example, using a plasma ashing device etc.

[0079] Thereby, the criteria wafer with which the reference mark (wafer alignment mark) was formed in the diacid-ized silicone film on a silicon substrate corresponding to two or more shot fields of each of the arrangement same as a crevice as a real wafer is produced.

[0080] In addition, as a criteria wafer, the criteria wafer which formed the mark as a crevice may be used not only for what forms a mark in a diacid-ized silicone film by pattern NINGU but for a silicon substrate as mentioned above. Such a criteria wafer is producible as follows.

[0081] first, a silicon substrate -- a sensitization agent (resist) is mostly applied to the whole surface using a non-illustrated resist coater (coater). And the silicon substrate after this resist spreading is loaded on the wafer holder of the aligner used as criteria like the above-mentioned, and the pattern of the reticle for criteria wafers is imprinted by step - and - scanning method.

[0082] Next, the unload of the silicon substrate which this exposure ended is carried out from a wafer holder, and negatives are developed using a non-illustrated developer (developer). Thereby, the resist image of a reference mark pattern is formed in a silicon substrate surface. And etching processing is performed until a silicon substrate is slightly carved by the silicon substrate which this development ended using a non-illustrated etching system. Subsequently, the resist which remains on the substrate front face which this etching processing ended is removed for example, using a plasma ashing device etc.

[0083] Thereby, the criteria wafer with which the reference mark (wafer alignment mark) was formed in the silicon substrate surface as a crevice corresponding to two or more shot fields of each of the same arrangement as a real wafer is produced.

[0084] Since it is used as an object for the quality control of two or more aligners used with the same device production line, when two or more aligners used with the production line may use various shot map data (size of each shot field on a wafer, and data of an array), as for a criteria wafer, it is desirable to produce for every shot map data of those.

[0085] B. Explain the control algorithm of CPU in the main control system 20 with which an aligner 1001 is equipped along with the flow chart of drawing 3 shown roughly about the actuation at the time of creating the database which consists of an amendment map using creation, next the criteria wafer produced as mentioned above of a database.

[0086] Like the exposure conditioning file called as a premise the process program file used in the case of exposure The information about the alignment shot field (two or more specific shot fields chosen in case it is the wafer alignment of an EGA method (alignment shot field)) which may be used with an aligner 1001, The information about shot map data etc. shall be inputted beforehand, and shall be memorized to the predetermined field in non-illustrated RAM.

[0087] First, in step 202, the wafer on the wafer holder 25 of drawing 1 (a criteria wafer is included) and a new criteria wafer are exchanged using a non-illustrated wafer loader. However, when there is no wafer on the wafer holder 25, a new criteria wafer is only loaded on the wafer holder 25. Here, the criteria wafer which has the array of the shot field corresponding to the 1st shot map data memorized to the predetermined field in the above-mentioned RAM will be loaded on the wafer holder 25 as a new criteria wafer.

[0088] At the following step 204, search alignment of the criteria wafer loaded on the wafer holder 25 is performed. Specifically, at least two search alignment marks (it is hereafter sketched as a "search mark") located in a periphery are mostly detected using the alignment system AS about a criteria wafer core to the symmetry. Detection of these two search marks is performed by setting the scale factor of the alignment system AS as a low scale factor, carrying out sequential positioning of the wafer stage WST so that each search mark may be located in the detection visual field of the alignment system AS. And

based on the detection result (relative-position relation between the index core of the alignment system AS, and each search mark) of the alignment system AS, and the measurement value of the wafer interferometer systems 18 at the time of each search mark detection, the position coordinate on two stage system of coordinates of a search mark is searched for. After an appropriate time, the residual rotational error of a criteria wafer is computed from the position coordinate of two search marks, and minute rotation of the wafer holder 25 is carried out so that this residual rotational error may be set to about 0. Thereby, the search alignment of a criteria wafer is completed.

[0089] At the following step 206, the position coordinate on the stage system of coordinates of all the shot fields on a criteria wafer is measured. Specifically, the position coordinate on the stage system of coordinates of the fine alignment mark on Wafer W (wafer mark), i.e., the position coordinate of a shot field, is searched for like measurement of the position coordinate of each search mark at the time of the search alignment mentioned above. However, detection of a wafer mark is performed by setting the scale factor of the alignment system AS as a high scale factor.

[0090] At the following step 208, the information on the first alignment shot field memorized to the predetermined field in RAM is chosen and read.

[0091] The position coordinate corresponding to the alignment shot field read at the above-mentioned step 208 in the following step 210 out of the position coordinate of the shot field measured at the above-mentioned step 206, The statistics operation (EGA operation of a formula (2) mentioned above) using a least square method which is indicated by JP,61-44429,A etc. based on the position coordinate on each design is performed. six parameter a-f (the rotation theta about the array of each shot field on a criteria wafer --) of the formula (1) mentioned above While computing correspondence in six parameters of the offset  $O_x$  and  $O_y$  of the scalings  $S_x$  and  $S_y$  of X and the direction of Y, Perpendicularity  $Ort$  and X, and the direction of Y Based on this calculation result and the position coordinate on the design of each shot field, the position coordinate (array coordinate) of all shot fields is computed, and the position coordinate of all the shot fields on that calculation result, i.e., a criteria wafer, is memorized to the predetermined field of an internal memory.

[0092] At the following step 212, the linearity component and nonlinear component of the amount of location gaps are separated about all the shot fields on a criteria wafer. While specifically computing the difference of the position coordinate of each shot field computed at the above-mentioned step 210, and the position coordinate on each design as a linearity component of the amount of location gaps The remainder which deducted said linearity component from the difference of the position coordinate of all the shot fields actually measured at step 206 mentioned above and the position coordinate on each design is computed as a nonlinear component of the amount of location gaps.

[0093] At the following step 214, the amendment map corresponding to the alignment shot field which chose the nonlinear component computed at the above-mentioned step 212 at the shot map data and the above-mentioned step 208 corresponding to the criteria wafer (here 1st criteria wafer) which are included as amendment information which amends an array gap of each shot field is created.

[0094] At the following step 216, when it judges whether the amendment map corresponding to all the alignment shot fields memorized to the predetermined field in RAM was created and this decision is denied, the information on the next alignment shot field which progresses to step 218 and is memorized to the predetermined field in RAM is chosen and read. Henceforth, 210 or less above-mentioned step processing is repeated. Thus, if creation of the amendment map corresponding to all the alignment shot fields about the shot map data corresponding to the 1st criteria wafer planned is completed, decision of step 216 will be affirmed and it will progress to step 220.

[0095] At step 220, it judges whether the measurement about the criteria wafer of a constant was completed beforehand based on the information about all the shot map data memorized to the predetermined field in RAM. And when this decision is denied, after exchanging return and a criteria wafer for the following criteria wafer at step 202, the same processing decision as the above is repeated.

[0096] Thus, after creation of the amendment map corresponding to the time of selection of all the alignment shot fields that were being planned is completed about all the criteria wafers (namely, shot map data of all classes) that were being planned, decision of step 220 is affirmed and a series of



processings of this routine are ended. Thereby, in RAM, the amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each shot field (for example, design location) is stored as a database about all the combination of the shot map data which an aligner 1001 may use, and selection of an alignment shot field. In addition, although the linearity component and nonlinear component of the amount of location gaps of each shot field were separated at step 212 using the position coordinate measured at step 206, the position coordinate on a design, and the position coordinate (calculated value) computed at step 210, you may ask only for a nonlinear component, without separating a linearity component and a nonlinear component. In this case, what is necessary is just to let the difference of the position coordinate measured at step 206, and the position coordinate computed at step 210 be a nonlinear component. Moreover, when the rotational error of Wafer W is in tolerance, it is not necessary to perform search alignment of step 204.

[0097] Next, the algorithm of exposure processing of the wafer by the lithography system 110 of this operation gestalt is explained based on drawing 4 - drawing 9.

[0098] The overall algorithm about exposure processing of the wafer by the lithography system 110 is roughly shown in drawing 4.

[0099] In addition, as a premise of activation of the algorithm of the exposure processing shown in drawing 4, as for the wafer W used as the candidate for exposure, exposure of one or more layers shall already be performed, and the exposure historical data of Wafer W etc. shall be memorized by the concentration information server 130. Moreover, the superposition error information on a pilot wafer that it passed through the same process as the wafer W of the lot for [ which was measured with the superposition measuring instrument 120 ] exposure shall also be stored in the concentration information server 130.

[0100] First, in step 242, a host computer 150 reads the superposition error information on the wafer of the lot for exposure from the concentration information server 130, and analyzes it.

[0101] In the following step 244, a host computer 150 judges whether the error between shots is dominant with the wafer W of the lot as a result of the above-mentioned analysis. Here, the error between shots means a case so that a parallel displacement component may be contained in two or more position errors between shot fields already formed on Wafer W. Therefore, it will be denied when the position error between shot fields on Wafer W hardly contains all of the deformation component which originates in a difference and a process between the number machines of wafer thermal expansion and a stage grid (between aligners), and in the case of others, this step 244 will be affirmed.

[0102] And when the decision in this step 244 is affirmed, it shifts to step 256. At this step 256, a host computer 150 judges whether the error between shots contains the nonlinear component exceeding a predetermined value.

[0103] And when the decision in step 256 is affirmed, it progresses to step 262. At this step 262, a host computer 150 chooses the aligner (this operation gestalt aligner 1001) which has a grid amendment function, and directs exposure. At this time, a host computer 150 also combines directions of a setup of exposure conditions, and is performed.

[0104] At the following step 264, the superposition error information on the wafer of the lot about the self-equipment about two or more lots before and after the main control system 20 of an aligner 1001 centers on the lot for exposure to the concentration information server 130 through LAN160 is asked. In the following step 266 and the main control system 20 As a reply of an inquiry of the above, it is based on the superposition error information about two or more lots which came to hand from the concentration information server 130. When it judges whether a superposition error is large in a continuous lot-to-lot superposition error as compared with a predetermined threshold and this decision is affirmed, a superposition error is amended using the 1st grid amendment function, and it progresses to the exposed subroutine 268.

[0105] In this subroutine 268, exposure processing is performed as follows by the aligner 1001 to the wafer W of the lot for exposure.

[0106] In the subroutine 268, the control algorithm of CPU in the main control system 20 in the case of

performing exposure processing of the layer after the 2nd layer (second layer) to two or more wafers (for example, 25 sheets) W in the same lot is shown in drawing 5 . Hereafter, the processing performed in a subroutine 268 is explained, meeting the flow chart of drawing 5 and referring to other drawings suitably.

[0107] As a premise, as for all the wafers in a lot, various processings shall be performed at the same conditions and the same process. Furthermore, the counted value of the counter which is not illustrated [ which shows as a premise the wafer number in the lot mentioned later (m) ] shall be initialized by "1" ( $m < -1$ ).

[0108] First, a predetermined dead work is performed in a subroutine 301. In this subroutine 301, in step 326 of drawing 6 , the process program file (configuration file of exposure conditions) corresponding to the setup instruction information on the exposure conditions given with exposure directions from the host computer 150 in the above-mentioned step 262 is chosen, and exposure conditions are set up according to this.

[0109] At the following step 328, Reticle R is loaded on a reticle stage RST using a non-illustrated reticle loader.

[0110] At the following step 330, base-line measurement of reticle alignment and the alignment system AS is performed. By the main control system 20, the reference mark plate FM on the wafer stage WST is specifically positioned directly under projection optics PL through the wafer stage mechanical component 24. After detecting a relative position with the 1st reference mark of the pair for reticle alignment corresponding to the reticle alignment mark of the pair on Reticle R, and the reticle alignment mark of said pair on the reference mark plate FM using the reticle alignment system 22, respectively, Only the design value of the specified quantity of base lines, for example, the amount, moves in XY side on the wafer stage WST, and the 2nd reference mark for the base-line measurement on the reference mark plate FM is detected using the alignment system AS. In this case, by the main control system 20, the amount of base lines (the projection location of a reticle pattern and relative-position relation based on [ of the alignment system AS ] detection (index core)) is measured based on the relative-position relation between the detection core of the alignment system AS obtained at this time, and the 2nd reference mark and the relative position of the reticle alignment mark measured previously and the 1st reference mark on the reference mark plate FM, and the measurement value of the wafer interferometer systems 18 corresponding to each.

[0111] Thus, after base-line measurement of reticle alignment and the alignment system AS is completed, a return is carried out to step 302 of drawing 5 .

[0112] At step 302, a wafer [ finishing / the exposure processing on the wafer holder 25 of drawing 1 ] (it is called "W" for convenience) and the unexposed wafer W are exchanged using a non-illustrated wafer loader. However, when there is no wafer W' on the wafer holder 25, the unexposed wafer W is only loaded on the wafer holder 25.

[0113] At the following step 304, search alignment of the wafer W loaded on the wafer holder 25 is performed. Specifically, at least two search alignment marks (it is hereafter sketched as a "search mark") located in a periphery are mostly detected using the alignment system AS about a wafer W core to the symmetry. Detection of these two search marks is performed by setting the scale factor of the alignment system AS as a low scale factor, carrying out sequential positioning of the wafer stage WST so that each search mark may be located in the detection visual field of the alignment system AS. And based on the detection result (relative-position relation between the index core of the alignment system AS, and each search mark) of the alignment system AS, and the measurement value of the wafer interferometer systems 18 at the time of each search mark detection, the position coordinate on two stage system of coordinates of a search mark is searched for. After an appropriate time, a wafer W residual rotational error is computed from the position coordinate of two marks, and minute rotation of the wafer holder 25 is carried out so that this residual rotational error may be set to about 0. Thereby, the search alignment of Wafer W is completed.

[0114] At the following step 306, when counted value m of the counter mentioned above judges whether it is beyond the predetermined value n, it judges whether the wafer W on the wafer holder 25 (wafer

stage WST) is a wafer after the n-th sheet in a lot. Here, the predetermined value n is beforehand set as the integer of 25 or less arbitration or more by two. It explains to below from on [ of explanation ] expedient as what is n= 2. In this case, since Wafer W is a wafer of a lot head (the 1st sheet) and it is m= 1 by initial setting, it is denied and decision of step 306 progresses to the following step 308.

[0115] At step 308, the position coordinate on the stage system of coordinates of all the shot fields on Wafer W is measured. Specifically, the position coordinate on the stage system of coordinates of the wafer alignment mark on Wafer W (wafer mark), i.e., the position coordinate of a shot field, is searched for like measurement of the position coordinate of each search mark at the time of the search alignment mentioned above. However, detection of a wafer mark is performed by setting the scale factor of the alignment system AS as a high scale factor.

[0116] The statistics operation (EGA operation of a formula (2) mentioned above) using a least square method which is indicated by JP,61-44429,A etc. at the following step 310 based on the position coordinate of the shot field measured at the above-mentioned step 308 and the position coordinate on each design is performed. six parameter a-f (the rotation theta about the array of each shot field on Wafer W --) of the formula (1) mentioned above While computing correspondence in six parameters of the offset Ox and Oy of the scalings Sx and Sy of X and the direction of Y, Perpendicularity Ort and X, and the direction of Y Based on this calculation result and the position coordinate on the design of a shot field, the position coordinate (array coordinate) of all shot fields is computed, and the position coordinate of all the shot fields on that calculation result W, i.e., a wafer, is memorized to the predetermined field of an internal memory.

[0117] At the following step 312, the linearity component and nonlinear component of the amount of location gaps are separated about all the shot fields on Wafer W. While specifically computing the difference of the position coordinate of each shot field computed at the above-mentioned step 310, and the position coordinate on each design as a linearity component of the amount of location gaps, the remainder which deducted said linearity component from the difference of the position coordinate of all the shot fields actually measured at step 308 mentioned above and the position coordinate on each design is computed as a nonlinear component.

[0118] Based on the amount of location gaps which is the difference of the position coordinate (actual measurement) of all the shot fields computed during processing of the above-mentioned step 312, and the position coordinate on each design, and a predetermined performance index, the following step 314 estimates the nonlinear distortion of Wafer W, and a complement function (function expressing the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap)) is determined at it based on this evaluation result.

[0119] Hereafter, processing of this step 314 is explained in full detail with reference to drawing 7 and drawing 8.

[0120] As a performance index for evaluating the nonlinear distortion of the above-mentioned wafer W, i.e., the regularity of a nonlinear component, and its degree, the performance index W1 (s) shown, for example by the degree type (3) is used.

[0121]

[Equation 3]

$$W_1(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \left( \frac{\sum_{i \in s} \frac{r_i \cdot \bar{r}_k}{|r_i| |r_k|}}{\sum_{i \in s} 1} \right)}{N} \quad \dots (3)$$

[0122] The top view of the wafer W for explaining the semantic content of the performance index of an upper type (3) is shown in drawing 7. In drawing 7, the shot field SA as two or more partition fields (the total shots-per-hour N) is formed by matrix-like arrangement on Wafer W. The vector rk (k= 1, 2, ..., i, .. N) shown by the arrow head in each shot field is a vector which shows the amount of location gaps of each shot field (array gap).

[0123] In an upper type (3), N shows the total of the shot field in Wafer W, and k shows the shot number of each shot field. Moreover, s shows the radius of the circle centering on the core of the shot field SAK which is shown in drawing 7 and to which its attention is paid, and i shows the shot number of the shot field which exists in the circle of a radius s from the k-th shot field to which its attention is paid. Moreover, sigma to which  $i \cdot s$  in a formula (3) was given means taking the total about all the shot fields that exist in the circle of a radius s from the k-th shot field SAK to which its attention is paid.

[0124] Now, the function for the interior of a parenthesis of the right-hand side of an upper type (3) is defined like a degree type (4).

[0125]

[Equation 4]

$$f_k(s) = \frac{\sum_{i \in S} \frac{r_i \cdot r_k}{|r_i| |r_k|}}{\sum_{i \in S} 1} \quad \dots(4)$$

[0126] The place which the function  $f_k(s)$  of an upper type (4) means is the average of  $\cos\theta_{i,k}$  at the time of setting to  $\theta_{i,k}$  the include angle which the location gap vector  $r_k$  (the 1st vector) of the shot field to which its attention is paid, and the location gap vector  $r_i$  in the shot field of the perimeter (inside of the circle of a radius s) accomplish. Therefore, if the value of this function  $f_k(s)$  becomes one, all the location gap vectors in all the shot fields in the circle of a radius s will have turned to the same direction. If it becomes zero, it will be said that the location gap vector in all the shot fields in the circle of a radius s has turned [ each other ] to the completely random direction. That is, Function  $f_k(s)$  is a function for searching for the correlation about the direction of the location gap vector  $r_k$  of the shot field to which its attention is paid, and each location gap vector  $r_i$  of two or more shot fields of the perimeter, and this is a performance index for evaluating the regularity and extent of nonlinear distortion about the subregion on Wafer W.

[0127] Therefore, the performance index  $W1(s)$  of a formula (3) is exactly the averaging of the function  $f_k$  at the time of making at SAN a sequential change of the shot field SAK to which its attention is paid from the shot field SA 1 (s).

[0128] An example of the concrete performance index  $W1$  corresponding to the wafer W shown in drawing 7 (s) is shown in drawing 8. Without depending on a rule of thumb, since the value of  $W1(s)$  changes according to the value of s according to the performance index  $W1(s)$  so that clearly from this drawing 8, the regularity and extent of nonlinear distortion of Wafer W can be evaluated, and the complement function which expresses the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) as follows can be determined by using this evaluation result.

[0129] First, the function by which the fourier expansion into series was carried out as shown by for example, the degree type (5) and (6), respectively is defined as a complement function.

[0130]

[Equation 5]

$$\delta_x(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left( A_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ \left. + C_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots(5)$$

$$A_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$B_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$C_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$D_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

[0131]

[Equation 6]

$$\delta_y(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left( A'_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B'_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ \left. + C'_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D'_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots(6)$$

$$A'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$B'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$C'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$D'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

[0132] In an upper type (5),  $A_{pq}$ ,  $B_{pq}$ ,  $C_{pq}$ , and  $D_{pq}$  are Fourier-series multipliers, and  $\delta_x(x, y)$  shows X component (a complement value, i.e., correction value) of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of a coordinate (x y). Moreover,  $\delta_x(x, y)$  is X component of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of the coordinate (x y) computed at step 312 mentioned above.

[0133] the same -- the upper -- a formula -- (-- six --) -- setting --  $A'_{pq}$  -- ' --  $B'_{pq}$  -- ' --  $C'_{pq}$  -- ' --  $D'_{pq}$  -- ' -- a Fourier-series multiplier -- it is -- moreover,  $\delta_y(x, y)$  -- Y component (a complement value, i.e., correction value) of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of a coordinate (x y) -- being shown. Moreover,  $\delta_y(x, y)$  is Y component of the nonlinear

component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of the coordinate (x y) computed at step 312 mentioned above. Moreover, in a formula (5) and (6), D shows the diameter of Wafer W.

[0134] Maximum  $p_{\max}=P$  of Parameters p and q which determines what round term per diameter of a wafer fluctuation of the amount of location gaps of a shot field (array gap) exists with the function of an upper type (5) and (6), and the decision of  $q_{\max}=Q$  are important.

[0135] The reason is as follows. That is, it considers developing the nonlinear component of an array gap of the obtained shot field by the upper type (5) and (6) about all the shot fields of Wafer W now. In this case, when maximum  $p_{\max}=P$  of Parameters p and q and  $q_{\max}=Q$  are made into the maximum which corresponds when one period serves as a shot pitch as what fluctuation of the amount of location gaps of a shot field (array gap) has produced for every shot field, the case where the so-called large "jump shot" is contained as one of shot fields compared with the shot field of others [ error / alignment ] is considered. Such a jump shot is generated by local nonlinear distortion resulting from the foreign matter on the measurement error resulting from collapse of a wafer mark etc., or the rear face of a wafer etc. In such a case, it will contain to the measurement result of the jump shot, and a complement function will express. In order to prevent this, it is necessary to make P and Q into a value smaller than the maximum which corresponds when one period serves as a shot pitch and which was mentioned above. That is, as for the high frequency component resulting from the measurement result of a jump shot etc., it is desirable to remove and to express only the optimal low-frequency component with a complement function.

[0136] So, with this operation gestalt, we decided to determine maximum  $p_{\max}=P$  of Parameters p and q, and  $q_{\max}=Q$  using the performance index  $W1(s)$  of a formula (3) mentioned above. If it does in this way, even if a jump shot exists, there will almost be no correlation between the jump shot and surrounding shot field. Therefore, since the measurement result of the jump shot does not become the factor which makes the value of  $W1(s)$  shown by the formula (3) increase, it becomes possible to skip by using a formula (3) as a result, and to reduce or remove the effect of a shot. That is, considering considering that the field within the radius s which is  $W1(s) > 0.7$  is the field which has correlation mutually, and expressing the field with one complement value, in drawing 8, such s is  $s = 3$  from drawing 8. P and Q can be written as follows using this value  $s = 3$  and the diameter D of a wafer.

[0137]

$$P=D/s=D/3, Q=D/s=D/3 \dots (7)$$

[0138] Optimal P and Q can be determined by this and, thereby, the complement function of a formula (5) and (6) can be determined.

[0139] At the following step 318, in the complement function of a formula (5) and (6) determined as mentioned above The X component delta x (x y) of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the shot field of the coordinate (x y) computed at step 312, and Y component deltax (x y) by calculating by substituting, respectively It progresses to step 322, after computing X component (the complement value, i.e., correction value) of a nonlinear component and Y component (the complement value, i.e., correction value) of an array gap of all shot fields on Wafer W.

[0140] The array coordinate of all the shot fields memorized to the predetermined field in the internal memory mentioned above at step 322, It is based on the correction value of the nonlinear component of the amount of location gaps computed at the above-mentioned step 318 about each shot field. While computing the superposition amendment location where the amount of location gaps (a linearity component and nonlinear segment) was amended about each shot field The actuation to which the acceleration starting position for exposure of each shot field on Wafer W (scan starting position) is made to carry out stepping of the wafer W one by one based on the data of the superposition amendment location, and the amount of base lines measured beforehand, The actuation which imprints a reticle pattern on a wafer, making a scanning direction carry out the synchronized drive of a reticle stage RST and the wafer stage WST is repeated, and exposure actuation by step - and - scanning method is performed. Thereby, the exposure processing to the wafer W of a lot head (the 1st sheet in a lot) is completed.

[0141] At the following step 324, it judges whether exposure of all the wafers in a lot was completed by

judging whether the counted value  $m > 24$  of the counter mentioned above is materialized. Here, since it is  $m = 1$ , after being denied, and this decision progressing to step 325 and carrying out the increment ( $m \leftarrow m + 1$ ) of the counted value  $m$  of a counter, it returns to step 302.

[0142] In step 302, the wafer of a lot head [ finishing / the exposure processing on the wafer holder 25 of drawing 2 ] and the sheet [ 2nd ] wafer W in a lot are exchanged using a non-illustrated wafer loader.

[0143] At the following step 304, search alignment of the wafer W (sheet [ 2nd ] wafer in a lot in this case) loaded on the wafer holder 25 is performed like the above-mentioned.

[0144] at the following step 306, counted value  $m$  of the counter mentioned above judges whether they are  $n = 2$  or more predetermined values -- the wafer W on the wafer holder 25 (wafer stage WST) -- the [ in a lot ] -- it judges whether it is a wafer after the  $n = 2$ nd sheet. In this case, since Wafer W is a sheet [ 2nd ] wafer in a lot and it is  $m = 2$ , decision of step 306 is affirmed and shifts to step 320.

[0145] At step 320, all the shot region coordinates on Wafer W are computed by the usual eight-point EGA. The wafer mark more specifically attached to eight shot fields (a sample shot field, i.e., an alignment shot field) to which it was beforehand chosen on Wafer W using the alignment system AS like the above-mentioned is measured, and the position coordinate on the stage system of coordinates of those sample shots is searched for. And the statistics operation (EGA operation of a formula (2) mentioned above) using a least square method which is indicated by JP,61-44429,A etc. based on the position coordinate of that sample shot for which it asked, and the position coordinate on each design is performed, and while computing six parameters of a formula (1) mentioned above, based on this calculation result and the position coordinate on the design of a shot field, the position coordinate (array coordinate) of all shot fields is computed. And it progresses to step 322, after memorizing the calculation result to the predetermined field of an internal memory.

[0146] At step 322, exposure processing to the sheet [ 2nd ] wafer W in a lot is performed by step - and - scanning method like the above-mentioned. Under the present circumstances, stepping of the wafer W to the scan starting position in the case of exposure of each shot field (acceleration starting position) is faced. The array coordinate of all the shot fields memorized to the predetermined field in an internal memory, Based on the correction value of the nonlinear component of the amount of location gaps previously computed at step 318 about each shot field, the superposition amendment location where the amount of location gaps (a linearity component and nonlinear component) was amended about each shot field is computed.

[0147] After exposure of the sheet [ 2nd ] wafer W in a lot is completed as mentioned above, it judges whether it progressed to step 324 and exposure of all the wafers in a lot was completed, but processing of the above-mentioned step 302 - step 324 and a judgment are repeatedly made until the decision in here is denied, it returns to step 302 and exposure of all the wafers in a lot is completed henceforth.

[0148] And if exposure of all the wafers in a lot is completed and decision of step 324 is affirmed, processing of the subroutine of drawing 5 will be ended and return and a series of exposure processings will be ended to drawing 4 .

[0149] When this decision [ in / on the other hand / the above-mentioned step 266 ] is denied, a superposition error is amended using the 2nd grid amendment function, and it shifts to the exposed subroutine 270.

[0150] In this subroutine 270, exposure processing is performed as follows by the aligner 1001 to the wafer W of the lot for exposure.

[0151] In the subroutine 270, the control algorithm of CPU in the main control system 20 in the case of performing exposure processing of the layer after the 2nd layer (second layer) to two or more wafers (for example, 25 sheets) W in the same lot is shown in drawing 9 . Hereafter, the processing performed in a subroutine 270 is explained, meeting the flow chart of drawing 9 and referring to other drawings suitably.

[0152] As a premise, as for all the wafers in a lot, various processings shall be performed at the same conditions and the same process.

[0153] First, in a subroutine 331, in the same procedure as the subroutine 301 mentioned above, it progresses to step 332, after performing a predetermined dead work. At this step 332, the amendment



map corresponding to shot data, such as selection information of the shot map data contained in the process program file chosen from the host computer 150 into the dead work predetermined [ above ] based on the setup instruction information on the exposure conditions given with exposure directions in the above-mentioned step 262 and an alignment shot field, is alternatively read from the database in RAM, and is temporarily memorized to an internal memory.

[0154] At the following step 334, a wafer [ finishing / the exposure processing on the wafer holder 25 of drawing 1 ] (it is called "W" for convenience) and the unexposed wafer W are exchanged using a non-illustrated wafer loader. However, when there is no wafer W' on the wafer holder 25, the unexposed wafer W is only loaded on the wafer holder 25.

[0155] At the following step 336, the same procedure as the above-mentioned performs search alignment of the wafer W loaded on the wafer holder 25.

[0156] At the following step 338, according to shot data, such as selection information of shot map data and an alignment shot field, wafer alignment of an EGA method is performed like the above-mentioned, the position coordinate of all the shot fields on Wafer W is computed, and it memorizes to the predetermined field of an internal memory.

[0157] The array coordinate of all the shot fields memorized to the predetermined field in the internal memory mentioned above at the following step 340, It is based on the correction value (amendment information) of the nonlinear component of the amount of location gaps about each shot field in the amendment map temporarily stored in the internal memory. While computing the superposition amendment location where the amount of location gaps (a linearity component and nonlinear component) was amended about each shot field It is based on the data of the superposition amendment location, and the amount of base lines measured beforehand. The actuation to which the scan starting position for the exposure to each shot field on Wafer W (acceleration starting position) is made to carry out stepping of the wafer stage WST (wafer W) one by one, The actuation which imprints a reticle pattern on a wafer, making a scanning direction carry out the synchronized drive of a reticle stage RST and the wafer stage WST is repeated, and exposure actuation by step - and - scanning method is performed. Thereby, the exposure processing to the wafer W of a lot head (the 1st sheet in a lot) is completed.

[0158] At the following step 342, when it judges whether the exposure to the wafer of schedule number of sheets was completed and this decision is denied, the above-mentioned processing and decision are repeated to step 334, and are performed to it return and henceforth.

[0159] Thus, after exposure is completed to the wafer W of schedule number of sheets, the decision in step 342 is affirmed, processing of the subroutine of drawing 9 is ended, and return and a series of exposure processings are ended to drawing 4 .

[0160] When the decision in step 256 mentioned above is denied on the other hand (i.e., although there is an error between shots, when only linearity components (a wafer scale-factor error, a wafer perpendicularity error, wafer rotational error, etc.) are contained), it shifts to step 258. At this step 258, a host computer 150 directs EGA wafer alignment and exposure in the main control system of aligner 100j (this aligner 100j shall be defined beforehand) mentioned above.

[0161] Subsequently, after the predetermined dead work was performed by aligner 100j like the above-mentioned in the subroutine 260, As EGA wafer alignment and exposure were performed by the predetermined procedure and mentioned above to the wafer of the lot for [ that ] exposure on this occasion, highly precise exposure by which the superposition error resulting from the position error between the shot fields already formed on Wafer W (linearity component) was amended is performed.

[0162] When the decision in this step 244 mentioned above is denied on the other hand (i.e., when the error in a shot is dominant), it progresses to step 246. At this step 246, a host computer 150 judges whether the nonlinear component for which the error in a shot exceeds a predetermined value is included, and whether the error in a shot specifically includes errors other than linearity components, such as a shot scale-factor error, a shot perpendicularity error, and a shot rotational error, (error exceeding a predetermined value). And when this decision is denied, it progresses to step 248. At this step 248, a host computer 150 resets the linearity offset in the exposure conditioning file called the



process program file used for a degree (offset of a shot scale factor, shot perpendicularity, shot rotation, etc.) based on the analysis result in step 242 by aligner 100j (this aligner 100j shall be defined beforehand) used for exposure of the wafer of that lot.

[0163] Then, it progresses to a subroutine 250. In this subroutine 250, exposure processing is performed by aligner 100j in the same procedure as the usual scanning stepper according to the process program after resetting the above-mentioned linearity offset. In addition, since processing of this subroutine 250 does not have a different place from usual, detail explanation is omitted. Then, a series of processings of this routine are completed.

[0164] On the other hand, when the decision in the above-mentioned step 246 is affirmed, it shifts to step 252. At this step 252, a host computer 150 chooses the aligner (referred to as 100k) which has the optimal distortion amendment capacity for exposure of the wafer of that lot from Aligners 1001-100N, and directs exposure to that aligner 100k. The approach indicated by JP,2000-36451,A etc. at a detail and the same approach can be used for selection of the optimal aligner in this case.

[0165] Namely, the identifier of the lot of the wafer with which a host computer 150 is first set as the object of superposition exposure (for example, lot number), The one or more-layer exposed layer (it is hereafter called a "typical floor") which should secure superposition precision in superposition exposure is specified. The inquiry about the adjustment (amendment) parameter of superposition error data and an image formation property is performed to the concentration information server 130 through a terminal server 140 and LAN160. Thereby, in the concentration information server 130, according to the identifier and typical floor of a lot which received, the adjustment (amendment) parameter of the image formation property of each aligner 100i at the time of exposure of each class about the superposition error data at the time of exposure between the typical floor about the wafer of the lot and the following layer and the wafer of the lot is read out of the exposure hysteresis information memorize by large capacity storage, and it sends to a host computer 150.

[0166] Subsequently, a host computer 150 is based on the above-mentioned various information, and computes the superposition error (amendment residuum) which remains when the adjustment parameter value and its adjustment parameter of the image formation property that the superposition error of the typical floor of the wafer of the lot and the following layer of regulating ability within the limits of an image formation property serves as min are applied to every aligner 100i.

[0167] Subsequently, a host computer 150 compares each amendment residuum with a predetermined allowable error, and determines it as a candidate of an aligner who performs superposition exposure for the aligner whose amendment residuum is below an allowable error. And a host computer 150 chooses the aligner which performs superposition exposure from a viewpoint which advances a lithography process most efficiently about the aligner of the candidate who determined with reference to a current operation situation and a future current operation schedule.

[0168] Then, it progresses to a subroutine 254. At this subroutine 254, where the image formation property of projection optics is adjusted, exposure processing is performed by that selected aligner, so that the amendment residuum of a superposition error may become small as much as possible in the same procedure as the usual scanning stepper. In addition, since processing of this subroutine 254 does not have a different place from what is depended on the scanning stepper equipped with the usual image formation property amendment device, detail explanation is omitted. Then, a series of processings of this routine are completed. In addition, the amendment command of the image formation property that the above-mentioned amendment residuum becomes small as much as possible May transmit to the main control system of the aligner chosen from the host computer 150, and An image distortion arithmetic unit is formed independently. You may make it the main control system of the selected aligner ask an image distortion arithmetic unit the adjustment parameter value [ projection image / which hits specifying the identifier of the lot of the wafer W set as the object of superposition exposure, and the identifier of self-equipment, and exposing the wafer W of the lot concerned ] of distortion.

[0169] As explained above, according to this operation gestalt, it is based on the detection result of two or more reference marks established corresponding to two or more shot fields of each on a criteria wafer. the amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear

component of the amount of location gaps to the criteria location (design value) according to individual of two or more shot fields of each on the wafer (process wafer) used for exposure It creates beforehand for every selection condition of the alignment shot field which may be used with an aligner 1001.

[0170] On the occasion of creation of this amendment map, the amount of location gaps to the positional information of each shot field which detects the reference mark prepared about each of two or more shot fields on a criteria wafer corresponding to each shot field, and is obtained, i.e., the criteria location according to individual, (design value) is calculated, respectively (step 308). The observation positional information which detects the reference mark corresponding to two or more alignment shot fields about selection of an alignment shot field which correspond to the conditions on a criteria wafer for every conditions, and is acquired is used. Subsequently, by the statistics operation (EGA operation) The positional information (positional information by which the linearity component of the amount of location gaps was amended) of each shot field on a criteria wafer is computed. It is based on this positional information, the information on the criteria location according to individual of each shot field, and said amount of location gaps of each shot field. The amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location according to individual of each shot field (design value) is created (step 310 - step 314).

[0171] With this operation gestalt, the criteria wafer corresponding to the shot map data which may be used with an aligner 1001 is produced beforehand, and each of a criteria wafer is used. Moreover, with the same procedure the amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the criteria location (design value) according to individual of two or more shot fields of each on the wafer (process wafer) used for exposure It creates beforehand for every selection condition of the alignment shot field which may be used with an aligner 1001. These amendment maps are memorized by RAM in the main control system 20.

[0172] Thus, although two or more amendment maps are created, since creation of these amendment maps is beforehand performed regardless of exposure, it does not affect the throughput in the case of exposure.

[0173] And when it is judged based on the measurement result of superposition errors, such as a pilot wafer, that the error between shots is dominant (step 242, step 244) and amendment of a superposition error is judged to be difficult only by the wafer alignment of an EGA method with a host computer 150, exposure conditions are specified as an aligner 1001 and exposure is directed (step 256, step 262).

Thereby, the magnitude of a lot-to-lot superposition error is judged (step 264, step 266), and the main control system 20 of an aligner 1001 shifts to a subroutine 270, when a lot-to-lot superposition error is small. In this subroutine 270, the main control system 20 chooses the amendment map corresponding to the shot map data and the alignment shot field which were specified as one of the exposure conditions (step 332). Moreover, the main control system 20 Two or more alignment shot fields on a wafer (as one of the exposure conditions) It is based on the observation positional information of each alignment shot field which detects two or more wafer marks prepared corresponding to each of at least three specified specific shot fields, and is obtained. By the statistics operation (EGA operation) The positional information used for alignment with the projection location of the reticle pattern of each shot field is searched for. After moving to the acceleration starting position for exposure of each shot field on a wafer (exposure criteria location) based on this positional information and the selected amendment map, scan exposure of each shot field concerned is carried out (steps 338 and 340).

[0174] According to this operation gestalt, namely, the positional information used for alignment with the projection location of the reticle pattern of each shot field which amended the linearity component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each shot field obtained by the above-mentioned statistics operation (design value) After each shot field on a wafer is moved to the acceleration starting position for exposure based on the positional information amended for the corresponding amendment information included in the selected amendment map, exposure of each shot field concerned is performed. Therefore, since the postexposure correctly moved to the location which amended not only the linearity component of the amount of location gaps but the nonlinear component is performed, the highly precise exposure of a superposition error of each shot field on a wafer which is

not almost is attained.

[0175] Moreover, when the main control system 20 judges that a lot-to-lot superposition error is large, it shifts to a subroutine 268. In this subroutine 268, the main control system 20 faces exposure of the wafer W after the 2nd sheet in a lot. While amending the linearity component of an array gap of the shot field on a wafer based on the measurement result in the usual eight-point EGA, about the nonlinear component of an array gap of a shot field It is regarded as that in which the wafer of a lot head and the wafer after the 2nd sheet have the same nonlinear component, and the value calculated at the lot head is used as it is about the correction value of a nonlinear component (step 320, step 322). For this reason, compared with the case where all points EGA are performed to all the wafers in a lot, a throughput can be improved by reduction of the number of measure points.

[0176] Moreover, in processing of a subroutine 268, installation of a performance index which was mentioned above can estimate the nonlinear distortion of Wafer W based on a clear basis, without depending on a rule of thumb. And based on the evaluation result, the nonlinear component of the amount of location gaps of each shot field on Wafer W (array gap) is computable. Based on this calculation result and the linearity component of an array gap of the shot field for which it asked by EGA, it can ask for an array gap (not only a linearity component but nonlinear component) of each shot field, as a result a superposition amendment location correctly (step 308 - step 322). Therefore, a reticle pattern can be laid on top of each shot field on Wafer W very with high precision by imprinting a reticle pattern to each shot field on Wafer W, making the acceleration starting position for exposure of each shot field on Wafer W (scan starting position) carry out stepping of the wafer W one by one based on the superposition amendment location of each above-mentioned shot field.

[0177] On the other hand, when [ this ] a host computer 150 judges that the error between shots is not dominant based on the measurement result of superposition errors, such as a pilot wafer, selection of the optimal aligner with which the distorted amendment residuum of a projection image serves as min according to whether (step 242, step 244), and the error in a shot contain a nonlinear component, or linearity offset of a process program is reset. And exposure by the aligner according to the process program which reset linearity offset exposed or chosen is performed by the same procedure as usual.

[0178] Therefore, according to this operation gestalt, it becomes possible to perform exposure which maintained superposition precision good, without reducing a throughput as much as possible. According to the lithography system 110 concerning this operation gestalt , and its exposure approach , it become possible to lay a reticle pattern with a sufficient precision on top of each shot field on the wafer with which the imprint of the pattern of a first layer ( the 1st layer ) be performed using other aligners using the aligner used as criteria with the same device production line , for example so that old explanation may also show . That is, according to this operation gestalt, it becomes possible to make very small the superposition error resulting from the grid error of the stage between aligners etc. When the error between shots changed for every lot when especially based on processing of a subroutine 268 can be amended with a sufficient precision and it is based on processing of a subroutine 270, the error between shots changed for every modification of a shot map or modification of an alignment shot can be amended with a sufficient precision.

[0179] In addition, although the specific substrate with which a mark is detected is a criteria wafer and the case where the conditions relevant to the substrate which will be the requisite for creation of an amendment map were conditions about assignment of shot map data and selection of an alignment shot field was explained with the above-mentioned operation gestalt in order to create an amendment map, this invention is not limited to this. That is, you may only be creating an amendment map for every conditions about assignment of shot map data, and may only be creating an amendment map for every conditions about selection of an alignment shot field.

[0180] Moreover, the process wafer actually used for exposure may be used as a specific substrate. In this case, the conditions about at least two kinds of processes via which the substrate went can be included as at least two kinds of conditions. In this case, effectiveness equivalent to the above-mentioned operation gestalt can be acquired by performing processing which chooses the amendment map corresponding to the wafer which creates an amendment map, respectively, replaces with

processing of step 332 in advance of exposure like steps 202-220 in the above-mentioned operation gestalt, and is used for that exposure about all the process wafers used for exposure. That is, it becomes possible to perform exposure which maintained superposition precision good, without reducing a throughput as much as possible also in this case. In this case, amendment of the error resulting from process processing is attained.

[0181] In addition, although eight-point EGA shall be performed about the 2nd sheet or below in a lot in a subroutine 268 with the above-mentioned operation gestalt, it is the number of measure points of EGA (if there are more alignment marks than the number of the unknown parameters (the above-mentioned operation gestalt six) for which it asks by the statistics operation (it usually corresponds to a sample shots per hour), it is natural.). [ of a thing good without limit ]

[0182] In addition, in the above-mentioned operation gestalt, since it is the shot field (the so-called edge shot field) of the wafer circumference, and is missing, and there is a shot field and a mark required for the chip shot field does not exist in the shot field for [ on a wafer ] exposure, the case where the amendment information on the chip shot field is not included in the amendment map mentioned above may arise.

[0183] In such a case, it is desirable to presume the nonlinear distortion in the chip shot field by statistics processing. Here, an example of the presumed approach of nonlinear distortion of this chip shot field is explained.

[0184] A part of periphery of Wafer W is shown in drawing 10 . The nonlinear distorted component in the amendment map called for in the above-mentioned procedure (dxi, dyi) is shown all over drawing about this wafer W. Since a reference mark does not exist in the shot field corresponding to the shot field S5 of a criteria wafer in the case of this drawing 10 , that amendment information (nonlinear distorted component) shall not be acquired by the creation time of an amendment map. To the shot map data specified on the occasion of exposure, the case where the shot field S5 is included is considered under this premise.

[0185] In such a case, by the main control system 20, based on the information on the specified alignment shot field, wafer alignment of an EGA method is performed and the coordinate value (xi, yi) of the central point of all the shot fields on the wafer W including the shot field S5 is calculated. Subsequently, by the main control system 20, the amendment information on the shot field S5 (deltax, delta y) is computed using for example, a degree type (8) and (9).

[0186]

[Equation 7]

$$\Delta x = \frac{\sum_{i=1}^n dx_i \times W(r_i)}{n} \quad \dots (8)$$

$$\Delta y = \frac{\sum_{i=1}^n dy_i \times W(r_i)}{n} \quad \dots (9)$$

[0187] In the above-mentioned formula (8) and (9),  $r_i$  is the distance over the shot field (S1, S2, S3, S4) which adjoins from the shot field (S5) to which its attention is paid, and  $W(r_i)$  is weight assumed by Gaussian distribution like drawing 11 . In this case, a standard deviation sigma is distance (step pitch) extent between adjoining shot fields.

[0188] Thus, amendment information on a chip shot field like the computed shot field S5 (deltax, delta y), By moving the chip shot field on a wafer to the acceleration starting position for exposure (exposure criteria location), and performing scan exposure based on the positional information of the chip shot field obtained by the above-mentioned wafer alignment It becomes possible to imprint a reticle pattern with a sufficient superposition precision also to a chip shot field.

[0189] The flow chart of drawing 4 is followed with the above-mentioned operation gestalt. In addition, a host computer 150 The analysis of superposition error information, decision whether the error between shots is dominant, Although the case where a judgment whether the error between shots when resetting of linearity offset of a process program, selection of the optimal aligner, and the error between shots are dominant contains a nonlinear component etc. was made automatically was explained Of course, an

operator is able to be made to perform these processings.

[0190] Moreover, although [ the above-mentioned operation gestalt / to any of subroutines 268 and 270 the main control system 20 (CPU) of an aligner 1001 shifts by judging whether a lot-to-lot superposition error is large based on the decision result ] determined, this invention is not limited to this. That is, it is good also as choosing the mode which the selectable mode is prepared for an aligner 1001 for processing of subroutines 268 and 270, respectively, and an operator makes a judgment whether the above-mentioned lot-to-lot superposition error is large on it based on the measurement result of a superposition measuring instrument, and corresponds to it based on this decision result.

[0191] in addition, in the subroutine 268 of the above-mentioned operation gestalt Although each shot field shall be positioned to a scan starting position on the occasion of exposure of the wafer of a lot head based on the nonlinear component of the shot array coordinate computed by the EGA operation using the measurement result of the wafer mark of all shot fields, and the array coordinate computed based on the complement function It is good also as positioning each shot field to a scan starting position, without performing an EGA operation based on the actual measurement of the amount of location gaps of each shot field measured not only at this but at the step 308.

[0192] Moreover, although processing from step 308 to step 318 will be repeatedly performed in the above-mentioned operation gestalt about the wafer of \*\* (n-1) (two or more sheets) of the beginning in a lot when n is set as three or more integers under the present circumstances, the nonlinear component (correction value) of the array gap of all shot fields about the wafer from the 2nd sheet to the n-1st sheet in step 318 -- for example, the thing to search for based on the average of the result of an operation of each time till then -- then, it is good. Of course, you may make it use the average of the nonlinear component (correction value) by which the wafer after the n-th sheet ( $n \geq 3$ ) is also computed, respectively with at least two wafers of up to \*\* (n-1) \*\*.

[0193] Furthermore, although the linearity component and nonlinear component of the amount of location gaps of each shot field were separated at step 312 of drawing 5 using the position coordinate measured at step 308, the position coordinate on a design, and the position coordinate (calculated value) computed at step 310, you may ask only for a nonlinear component, without separating a linearity component and a nonlinear component. In this case, what is necessary is just to let the difference of the position coordinate measured at step 308, and the position coordinate computed at step 310 be a nonlinear component. Moreover, when the rotational error of Wafer W is in tolerance, it is not necessary to perform search alignment of step 304 of drawing 5 , and step 336 of drawing 9 . Furthermore, although an aligner shall be chosen at step 262 of drawing 4 , when the aligner to be used has the grid amendment function, it is also good to skip step 262 and to choose a grid amendment function according to the decision result of step 266.

[0194] Moreover, although the aligner 1001 which has a grid amendment function explained the case where it had both 1st grid amendment function mentioned above and 2nd grid amendment function, with the above-mentioned operation gestalt, not only this but the aligner may have either the 1st grid amendment function or the 2nd grid amendment function. That is, subroutines, such as steps 268 and 270 of drawing 4 , may be carried out independently, respectively.

[0195] Moreover, the above-mentioned operation gestalt explained the case where a host computer 150 performed some steps among the algorithms of drawing 4 , aligner 100i containing an aligner 1001 performed the remaining step, and an aligner 1001 performed especially the steps 264, 266, 268, and 270. However, it is possible not only this but to adopt a configuration whose aligner 1001 and aligner which has the same grid amendment function perform a part of step which the host computer 150 performed with all or the above-mentioned operation gestalt of the algorithm of drawing 4 .

[0196] << -- operation gestalt [ of \*\* a 2nd ] >>, next the 2nd operation gestalt of this invention are explained based on drawing 12 - drawing 15 .

[0197] With the operation gestalt of \*\*\*\* 2, the lithography structure of a system etc. is the same as that of the 1st operation gestalt, and it is spacing smaller than shot area size, and is different from the point that the 1st amendment map is created using the criteria wafer with which the reference mark was formed, and the 1st operation gestalt which the processing in the subroutine 270 of drawing 4 mentioned

above. Hereafter, it explains focusing on such differences.

[0198] First, it explains based on the flow chart of drawing 12 which simplifies and shows the control algorithm of CPU in the main control system 20 of an aligner 1001 about the actuation in the case of the creation of the 1st amendment map performed beforehand flowing.

[0199] The criteria wafer (it is hereafter called "the criteria wafer WF1" for convenience) with which the reference mark was prepared corresponding to a rectangle field and each rectangle field, the predetermined pitch smaller than shot field spacing, for example, 1mm pitch, on a process wafer, shall be produced like the case of the 1st operation gestalt mentioned above as a premise. In addition, in the following explanation, each rectangle field corresponding to a reference mark shall be called a mark field.

[0200] In addition, as long as the aligner used on the occasion of production of this criteria wafer is equipment with high dependability besides the aligner (for example, most reliable scanning stepper used with the same device production line) used as the same criteria as the above-mentioned, it may be an aligner of quiescence molds, such as a stepper.

[0201] First, in step 402, the criteria wafer WF1 is loaded on a wafer holder using a non-illustrated wafer loader.

[0202] At the following step 404, search alignment of the criteria wafer WF1 loaded on the wafer holder is performed like step 204 mentioned above.

[0203] At the following step 406, the position coordinate on the stage system of coordinates of all the mark fields on the criteria wafer WF1 (field of about 1mm angle as [ Here ] an example) is measured like step 206 mentioned above.

[0204] The position coordinate of all the mark fields measured at the above-mentioned step 406 in the following step 408, The EGA operation of a formula (2) mentioned above based on the position coordinate on each design is performed. six parameter a-f (the rotation theta about the array of each mark field on a criteria wafer --) of the formula (1) mentioned above While computing correspondence in six parameters of the offset Ox and Oy of the scalings Sx and Sy of X and the direction of Y, Perpendicularity Ort and X, and the direction of Y Based on this calculation result and the position coordinate on the design of each mark field, the position coordinate (array coordinate) of all mark fields is computed, and the position coordinate of all the mark fields on that calculation result, i.e., a criteria wafer, is memorized to the predetermined field of an internal memory.

[0205] At the following step 410, the linearity component and nonlinear component of the amount of location gaps are separated about all the mark fields on a criteria wafer. While specifically computing the difference of the position coordinate of each mark field computed at the above-mentioned step 408, and the position coordinate on each design as a linearity component of the amount of location gaps The remainder which deducted said linearity component from the amount of location gaps of the mark field which is the difference of the position coordinate of all the mark fields actually measured at step 406 mentioned above and the position coordinate on each design is computed as a nonlinear component of the amount of location gaps.

[0206] While the amount of location gaps of each mark field computed at the above-mentioned step 410 is included, after create the 1st amendment map which contains the nonlinear component of the amount of location gaps of each mark field as amendment information which amends an array gap of each mark field on the criteria wafer WF1 and storing in memory or stores, such as RAM, at the following step 412, a series of processings of this routine end.

[0207] Then, the unload of the criteria wafer is carried out from a wafer holder.

[0208] Next, processing of the subroutine 270 in the operation gestalt of \*\*\*\* 2 is explained.

[0209] In the subroutine 270, the control algorithm of CPU in the main control system 20 in the case of performing exposure processing of the layer after the 2nd layer (second layer) to two or more wafers (for example, 25 sheets) W in the same lot is shown in drawing 13 . Hereafter, the processing performed in a subroutine 270 is explained, meeting the flow chart of drawing 13 and referring to other drawings suitably.

[0210] As a premise, as for all the wafers in a lot, various processings shall be performed at the same



conditions and the same process.

[0211] in measure and a subroutine 431, in the same procedure as the subroutine 201 mentioned above, it progresses to step 432, after performing a predetermined dead work. It is based on the setup instruction information on the exposure conditions given with exposure directions from the host computer 150 in step 262 mentioned above at step 432. The shot map data contained in the process program file chosen into the dead work predetermined [ above ], Based on the 1st amendment map memorized in RAM, the 2nd amendment map (amendment map which consists of the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps of each shot field specified by shot map data) is created, and it memorizes in RAM. That is, based on the amount of location gaps of each mark field in the 1st amendment map, and a predetermined performance index, this step 432 estimates the nonlinear distortion of the criteria wafer WF1, and a complement function (function expressing the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap)) is determined at it based on this evaluation result. And using this determined complement function and the amendment information on the mark field (mark field which includes the central point in this case) corresponding to the central point of each of said shot field, a complement operation is performed and the 2nd amendment map which consists of the amendment information which amends the nonlinear component of the amount of location gaps of each shot field is created.

[0212] Here, the processing in this step 432 is explained in full detail. The top view of the criteria wafer WF1 is shown in drawing 14, and the enlarged drawing in the circle F of drawing 14 is shown in drawing 15. On the criteria wafer WF1, the mark field S<sub>Bu</sub> (total N) of two or more rectangles in a predetermined pitch, for example, 1mm pitch, is formed by matrix-like arrangement. In drawing 14, the field corresponding to one shot field specified by shot map data is shown as a rectangle field S<sub>j</sub>, and this field is shown by the thick frame by drawing 15. In drawing 15, the vector r<sub>k</sub> (k= 1, 2, ..., i, .. N) shown by the arrow head in each mark field is a vector which shows the amount of location gaps of each mark field (array gap). k shows the number of each mark field. Moreover, Sign s shows the radius of the circle centering on the core of the mark field S<sub>Bk</sub> which is shown in drawing 15 and to which its attention is paid, and i shows the number of the mark field which exists in the circle of a radius s from the k-th mark field to which its attention is paid.

[0213] In the processing in step 432, the complement function  $\Delta x(x, y)$  which could use the performance index W1 (s) mentioned above as a performance index, and was mentioned above as a complement function, and  $\Delta y(x, y)$  can be used so that clearly from above-mentioned explanation. Since the value of W1 (s) changes according to the value of s according to the above-mentioned performance index W1 (s) In the procedure mentioned above by being able to evaluate the regularity and extent of nonlinear distortion of a criteria wafer (or wafer), and using this evaluation result, without depending on a rule of thumb like the above-mentioned Optimal P expressing the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) and Q can be determined, and, thereby, the complement function of a formula (5) and (6) can be determined.

[0214] In then, the complement function of a formula (5) and (6) determined as mentioned above The X component  $\Delta x(x, y)$  of the nonlinear component of the amount of location gaps (array gap) of the mark field of a coordinate (x, y) memorized as amendment information and Y component  $\Delta y(x, y)$  are substituted in the 1st amendment map, respectively. Fourier series -- a multiplier -- A<sub>pq</sub> -- B<sub>pq</sub> -- C<sub>pq</sub> -- D<sub>pq</sub> -- and -- A<sub>pq</sub> -- ' -- B<sub>pq</sub> -- ' -- C<sub>pq</sub> -- ' -- D<sub>pq</sub> -- ' -- setting -- thereby -- a complement function -- concrete -- determining . and -- this -- Fourier series -- a multiplier -- A<sub>pq</sub> -- B<sub>pq</sub> -- C<sub>pq</sub> -- D<sub>pq</sub> -- and -- A<sub>pq</sub> -- ' -- B<sub>pq</sub> -- ' -- C<sub>pq</sub> -- ' -- D<sub>pq</sub> -- ' -- having determined -- a complement -- a function -- a wafer -- a top -- each -- a shot -- a field -- the central point -- a coordinate -- substituting -- things -- After computing X component (the complement value, i.e., correction value) of a nonlinear component and Y component (the complement value, i.e., correction value) of an array gap of all shot fields on a wafer, the 2nd amendment map is created based on this calculation result, and that 2nd amendment map is temporarily memorized to the predetermined field of an internal memory. Moreover, data other than an amendment map, i.e., data, such as a complement function with which the Fourier-series multiplier was determined, are memorized in RAM at this time.

[0215] In addition, although it faces evaluating the regularity and extent of nonlinear distortion about the subregion on the above-mentioned wafer W and the location gap vector in each mark field is used as the 1st and 2nd vector, the vector which shows the nonlinear component of the amount of location gaps, not only this but amendment information, i.e., each mark field, may be used.

[0216] At return and the following step 434, a wafer [ finishing / the exposure processing on a wafer holder ] and an unexposed wafer are exchanged for drawing 13 using a non-illustrated wafer loader. However, when there is no wafer on a wafer holder, an unexposed wafer is only loaded on a wafer holder.

[0217] At the following step 436, the same procedure as the above-mentioned performs search alignment of the wafer loaded on the wafer holder.

[0218] At the following step 438, according to shot data, such as selection information of shot map data and an alignment shot field, wafer alignment of an EGA method is performed like the above-mentioned, the position coordinate of all the shot fields on a wafer is computed, and it memorizes to the predetermined field of an internal memory.

[0219] The array coordinate of all the shot fields memorized to the predetermined field in the internal memory mentioned above at the following step 440, It is based on the correction value of the nonlinear component of the amount of location gaps about each shot field in the 2nd amendment map temporarily stored in the internal memory. While computing the superposition amendment location where the amount of location gaps (a linearity component and nonlinear segment) was amended about each shot field The actuation which makes the scan starting position for the exposure to each shot field on a wafer (acceleration starting position) carry out sequential migration of the wafer stage (wafer) based on the data of the superposition amendment location, and the amount of base lines measured beforehand, The actuation which imprints a reticle pattern on a wafer, making a scanning direction carry out the synchronized drive of a reticle stage and the wafer stage is repeated, and exposure actuation by step - and - scanning method is performed. Thereby, the exposure processing to the wafer W of a lot head (the 1st sheet in a lot) is completed.

[0220] At the following step 442, when it judges whether the exposure to the wafer of schedule number of sheets was completed and this decision is denied, the above-mentioned processing and decision are repeated to step 434, and are performed to it return and henceforth.

[0221] Thus, after exposure is completed to the wafer W of schedule number of sheets, the decision in step 442 is affirmed, processing of the subroutine of drawing 13 is ended, and return and a series of exposure processings are ended to drawing 4 .

[0222] by the way -- step 432 in a subroutine 270 -- a host computer 150 to exposure directions -- \*\* -- the 2nd amendment map is created based on the shot map data (specified shot map data) and the 1st amendment map which are contained in the process program corresponding to the exposure conditions both directed. Therefore, when different shot map data as the shot map data are specified (i.e., when shot map data are changed), in step 432, rewriting of the 2nd amendment map is performed based on the shot map data after modification. When the main control system 20 reads the complement function with which the Fourier-series multiplier stored in RAM was determined and specifically substitutes the coordinate of the central point of each shot field on a wafer according to the shot map data after changing into this X component (a complement value --) of the nonlinear component of an array gap of each shot field on the wafer according to the shot map data after the modification That is, after computing correction value and Y component (a complement value, i.e., correction value), the 2nd amendment map is rewritten based on this calculation result, and the 2nd amendment map after that rewriting is temporarily memorized to the predetermined field of an internal memory. Then, the same processing and decision as steps 434-442 mentioned above are repeated, and is performed.

[0223] While shot map data are not changed, it cannot be overemphasized that the same processing as the above-mentioned is performed.

[0224] In addition, although the linearity component and nonlinear component of the amount of location gaps of each mark field were separated at step 410 of drawing 12 using the position coordinate measured at step 406, the position coordinate on a design, and the position coordinate (calculated value) computed



at step 408, you may ask only for a nonlinear component, without separating a linearity component and a nonlinear component. In this case, what is necessary is just to let the difference of the position coordinate measured at step 406, and the position coordinate computed at step 408 be a nonlinear component. Moreover, when the rotational error of Wafer W is in tolerance, it is not necessary to perform search alignment of step 436 of drawing 13.

[0225] As explained above, according to the operation gestalt of \*\*\*\* 2, two or more reference marks on a criteria wafer are detected, the positional information of the mark field corresponding to each reference mark is measured, and the positional information on the count the linearity component of the amount of location gaps to the design value of each mark field was amended by whose statistics operation (EGA operation) using this measured positional information is computed. Subsequently, based on the measured positional information and the positional information on count, the 1st amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps to the design value of each mark field is created. In this case, since creation of the 1st amendment map can be beforehand performed regardless of exposure, it does not affect the throughput in the case of exposure.

[0226] And if shot map data are specified as one of the exposure conditions in advance of exposure, it will change into the 2nd amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each shot field (design value) for the 1st amendment map based on the specified shot map data. It ranks second. It is based on the positional information on the stage system of coordinates of the shot field which detects two or more marks on a wafer (wafer mark of an alignment shot field), and is obtained. By the statistics operation (EGA operation) After searching for the positional information used for alignment with the predetermined point (projection location of a reticle pattern) of each shot field and moving each shot field on a wafer to an acceleration starting position based on the positional information and 2nd amendment map, each shot field is exposed. that is By the statistics operation (EGA operation) performed based on the positional information on the stage system of coordinates of the above-mentioned shot field (observation positional information) The positional information used for alignment with the predetermined point of each shot field which amended the linearity component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each shot field obtained (design value) After each shot field on a wafer is moved to an acceleration starting position by making into a target position positional information amended for the corresponding amendment information included in the 2nd amendment map, exposure of each shot field concerned is performed. Therefore, since the postexposure correctly moved to the location which amended not only the linearity component of the amount of location gaps but the nonlinear component is performed, the highly precise exposure of a superposition error of each shot field on a wafer which is not almost is attained.

[0227] Therefore, according to the operation gestalt of \*\*\*\* 2, it becomes possible like the 1st operation gestalt to perform exposure which maintained superposition precision good, without reducing a throughput as much as possible. Moreover, according to the operation gestalt of \*\*\*\* 2, since the positional information finally used for alignment with the predetermined point of each shot field on a wafer is amended by the amendment information acquired based on the detection result of the reference mark on a criteria wafer, improvement in superposition precision can be aimed at, for example for all the aligners used as criteria on the basis of a criteria wafer with the same device production line using it.

[0228] Moreover, with the operation gestalt of \*\*\*\* 2, if shot map data are specified as one of the exposure conditions in advance of exposure Since it changes into the 2nd amendment map including the amendment information for amending the nonlinear component of the amount of location gaps from the criteria location according to individual of each shot field (design value) for the 1st amendment map based on the specified shot map data Regardless of the shot map data (a kind of the information about the array of the shot field on a wafer) in each aligner, it becomes possible to perform superposition exposure between two or more aligners with high precision.

[0229] With the operation gestalt of \*\*\*\* 2, moreover, the conversion on the 2nd amendment map from the 1st amendment map The single complement function optimized based on the evaluation result

evaluated using the performance index which mentioned the regularity and extent of nonlinear distortion above about the subregion on a criteria wafer, Based on the amendment information on said each mark field, it shall realize by performing a complement operation in every [ of each of said partition field ] criteria location (center position). For this reason, on the occasion of that conversion, the concrete complement function for computing the nonlinear distortion of all the points on a wafer (amendment information) is determined. For this reason, even if each shot field is changed by modification of shot map data, the amendment information on each shot field after modification can be easily searched for by substituting that coordinate for the above-mentioned concrete complement function for every shot field after modification. Therefore, dealing with modification of shot map data is also easy.

[0230] Moreover, with the operation gestalt of \*\*\*\* 2, since it is the shot field (the so-called edge shot field) of the wafer circumference, and is missing, and there is a shot field and a mark required for the chip shot field does not exist in the shot field for [ on a wafer ] exposure, even if the amendment information on the chip shot field may not be included in the 1st amendment map mentioned above, the amendment information on the chip shot field can be searched for especially convenient.

[0231] That is, it is because the coordinate of the criteria location (center position) of the chip shot field will also be substituted for the above-mentioned concrete complement function and the amendment information on the chip shot field will be automatically computed on the occasion of conversion of the above-mentioned map with the operation gestalt of \*\*\*\* 2, if the chip shot field is included in shot map data.

[0232] However, the weighting averaging operator which assumed the Gaussian distribution previously explained to every [ of not only this but each shot field ] criteria location (center position) based on the amendment information about two or more adjoining mark fields can also perform the approach of the conversion from the 1st amendment map on the 2nd amendment map by computing the amendment information on each criteria location. In this case, the range of the adjoining mark field set as the object of that weighting averaging operator may be calculated using the performance index mentioned above. Or the arithmetic average of the mark field where within the limits which used and calculated the performance index in every [ of each shot field ] criteria location (center position) adjoins may be used. Similarly, in the operation gestalt of the above 1st, when [ which was mentioned above ] it is missing and searches for the amendment information on a shot field, combination with a performance index, a weighting average, or an arithmetic average may be used.

[0233] In addition, although it shall ask for the amendment data of the linearity component of the amount of location gaps of the wafer of the lot head in a subroutine 268 with each above-mentioned operation gestalt by the EGA operation made into the alignment shot field of all shot fields, it be good also as ask by the EGA operation using the detection result of the mark of the alignment shot field similarly specified as the wafer after the 2nd not only this but in a lot.

[0234] Moreover, with each above-mentioned operation gestalt, it faces performing wafer alignment of an EGA method. Although the coordinate value of the alignment mark of an alignment shot field (it is the shot field of the selected specification when all shot fields or two or more specific shot fields of them are chosen as an alignment shot field) shall be used According to the coordinate value on the design, Wafer W is moved for every alignment shot field. For example, the mark on Reticle R, Or the amount of location gaps with the index mark of the alignment system AS may be detected, and the amount of location gaps from the coordinate value on a design may be computed for every shot field by the statistics operation using this amount of location gaps, or the amount of amendments of the step pitch between shot fields may be computed.

[0235] Furthermore, with each above-mentioned operation gestalt, although it explained on the assumption that an EGA method, a weighting EGA method may be used instead of an EGA method, or a shot Uchida point EGA method etc. may be used. In addition, about the wafer alignment of a weighting EGA method, it is indicated by JP,5-304077,A etc. at the detail, for example.

[0236] That is, by this weighting EGA method, the position coordinate on the rest frame of at least three sample shot fields beforehand chosen among two or more shot fields on a wafer (partition field) is measured. Subsequently, the distance between each of the shot field (the central point) concerned and a

sample shot field (the central point) is embraced for every shot field on a wafer. Or the distance between the predetermined points beforehand specified on the shot field and the wafer paying one's attention (the 1st information), The distance between the point concerned paying its attention and each of a sample shot field (the 2nd information) is embraced. By performing weighting to each of the position coordinate on the rest frame of a sample shot field, and performing statistics operations (least square method or simple equalization processing) using two or more position coordinates to which weighting of the parenthesis was carried out The position coordinate on each rest frame of two or more shot fields on a wafer is determined. And based on the determined position coordinate, alignment of each of two or more shot fields arranged on the wafer is carried out to the predetermined criteria location in rest frame (for example, imprint location of a reticle pattern).

[0237] According to such a weighting EGA method, it is possible to carry out alignment of all the shot fields to highly precise and a high speed to a predetermined criteria location, there being comparatively few sample shot fields, and ending, and stopping computational complexity, even if it is the wafer with which a local array error (nonlinear distortion) exists.

[0238] By the way, it asks for the parameters a, b, c, d, e, and f with which the sum of squares  $E_i$  of the remainder as shown by the formula (10) serves as min for every shot field using the weighting  $W_{in}$  which is expressed with a weighting EGA method by the following formula (11) so that it may be indicated by the above-mentioned official report.

[0239]

[Equation 8]

$$E_i = \sum_{n=1}^m W_{in} \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (10)$$

$$W_{in} = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-L_{in}^2 / 2S} \quad \dots (11)$$

[0240] In an upper type (11),  $L_{in}$  is the distance of the target shot field (i-th shot field) and n-th sample shot field. S is a parameter which determines weighting.

[0241] or -- weighting -- EGA -- a method -- \*\*\*\* -- a degree -- a formula -- (-- 13 --) -- expressing -- having -- as -- weighting --  $W_{in}$  -- ' -- using -- a formula -- (-- 12 --) -- being shown -- having -- as -- the remainder -- a sum of squares --  $E_i$  -- ' -- min -- becoming -- as -- a parameter -- a -- b -- c -- d -- e -- f -- every shot field -- asking .

[0242]

[Equation 9]

$$E_i' = \sum_{n=1}^m W_{in}' \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (12)$$

$$W_{in}' = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-(L_{in} - L_{wn})^2 / 2S} \quad \dots (13)$$

[0243] In an upper type (13), the distance of the target shot [  $LE_i$  ] field (i-th shot field) and the point (wafer center) paying their attention and  $L_{Wn}$  are the distance of the n-th sample shot field and the point (wafer center) paying their attention. Moreover, the parameter S in a formula (11) and (13) is expressed with a degree type (14) as an example.

[0244]

[Equation 10]

$$S = \frac{B^2}{8 \cdot \log_{10}} \quad \dots (14)$$

[0245] In a formula (14), B is a weight parameter and the physical semantics of this weight parameter B is the range of a sample shot field effective in calculating the position coordinate of each shot field on a wafer (it is only hereafter called a "zone"). Therefore, since the number of effective sample shot fields

increases when a zone is large, it becomes close to the result obtained by the conventional EGA method. Conversely, since the number of effective sample shot fields decreases when a zone is small, it becomes close to the result obtained by the D/D method. By using the performance index mentioned above, it is possible to determine a zone appropriately and certainly.

[0246] Moreover, the shot Uchida point EGA method is indicated by JP,6-349705,A etc. Two or more alignment marks are detected for every alignment shot field. X, Y coordinate every, respectively Telescopic motion of the wafer which it is made to obtain and is used by the EGA method, [ two or more ] Besides the wafer parameter corresponding to rotation etc., the rotational error of a shot field, The positional information of each shot field, for example, a coordinate value, is computed using the model function which contains at least one of perpendicularity and the shot parameters (chip parameter) corresponding to a scaling as a parameter.

[0247] When this is explained further in full detail, this shot Uchida point EGA method Two or more alignment marks arranged by fixed relative-position relation on a design to the criteria location in each shot field arranged on the substrate, respectively (a mark of-dimensional [ 1 ]) It is the alignment mark of the predetermined number out of the alignment mark which a two-dimensional mark is formed someday, respectively and exists on these substrates. More [ total / of the wafer parameter with which the sum of the number of X positional information and the number of Y positional information is contained in the above-mentioned model function, and a shot parameter ] And the positional information of the alignment mark of the predetermined number from which two or more positional information is acquired in the same direction about the same alignment shot field at least is measured. And by substituting such positional information for the above-mentioned model function, and carrying out statistics processing using a least square method etc., the parameter contained in that model function is computed, and the positional information of each shot field is computed from the positional information on the design of this parameter and the criteria location in each shot field, and the relative-position information on the design of the alignment mark to a criteria location.

[0248] Although the coordinate value of an alignment mark may be used as positional information also in these cases, as long as it is the positional information about an alignment mark and is the suitable information for statistics processing, a statistics operation may be performed using what kind of information.

[0249] In addition, based on the radius s acquired by the evaluation result using the above-mentioned performance index, the number of EGA measure points in an EGA method, a weighting EGA method, or a shot Uchida point EGA method can also be determined appropriately.

[0250] In addition, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where the FIA system (image formation-type alignment sensor) of an off axis method was used, as a mark detection system, the mark detection system of not only this but what kind of method may be used. That is, it does not matter even if it is the method which detects the diffracted light except the image formation method (image-processing method) with which a detection method is further adopted by a FIA system etc., or the scattered light even if it is which method of a TTR (Through The Reticle) method, a TTL (Through The Lens) method, and an off axis method. For example, the alignment system which irradiate a coherent beam almost perpendicularly at the alignment mark on a wafer, and the diffracted light (primary [ \*\* ] .... [ secondary / \*\* ], n-th [ \*\* ] diffracted light) of this degree generated from the mark concerned is made to interfere, and is detected is sufficient. In this case, the diffracted light is independently detected for every degree, and you may make it use the detection result in at least one degree, two or more coherent beams from which wavelength differs may be irradiated at an alignment mark, the diffracted light of each degree may be made to interfere for every wavelength, and you may detect.

[0251] Moreover, this invention is completely applicable not only to the aligner of step - like each above-mentioned operation gestalt, and - scanning method but the aligner of various methods including the aligners (X-ray aligner etc.) of a step-and-repeat method or a pro squeak tee method similarly.

[0252] In addition, the illumination light for exposure (energy beam) used with an aligner may not be restricted to ultraviolet radiation, and charged-particle lines, such as an X-ray (EUV light is included),

an electron ray, and an ion beam, etc. are sufficient as it. Moreover, the aligner used for manufacture, such as a DNA chip, a mask, or a reticle, may be used.

[0253] <<device manufacture approach>> Next, the operation gestalt of the manufacture approach of the device which used the lithography system concerning each operation gestalt mentioned above and its exposure approach at the lithography process is explained.

[0254] The flow chart of the example of manufacture of devices (semiconductor chips, such as IC and LSI, a liquid crystal panel, CCD, the thin film magnetic head, micro machine, etc.) is shown in drawing 16. As shown in drawing 16, first, in step 601 (design step), the function and engine-performance designs of a device (for example, circuit design of a semiconductor device etc.) are performed, and the pattern design for realizing the function is performed. Then, the mask in which the designed circuit pattern was formed is manufactured in step 602 (mask manufacture step). On the other hand, in step 603 (wafer manufacture step), a wafer is manufactured using ingredients, such as silicon.

[0255] Next, in step 604 (wafer processing step), an actual circuit etc. is formed on a wafer with a lithography technique etc. so that the mask and wafer which were prepared at step 601 - step 603 may be used and mentioned later. Subsequently, in step 605 (device assembly step), device assembly is performed using the wafer processed at step 604. A dicing process, a bonding process, and processes, such as a packaging process (chip enclosure), are included in this step 605 if needed.

[0256] Finally, in step 606 (inspection step), the check test of the device produced at step 605 of operation, an endurance test, etc. are inspected. After passing through such a process, a device is completed, and this is shipped.

[0257] The detailed example of a flow of the above-mentioned step 604 in the case of a semiconductor device is shown in drawing 17. In drawing 17, the front face of a wafer is oxidized in step 611 (oxidation step). An insulator layer is formed in a wafer front face in step 612 (CVD step). In step 613 (electrode formation step), an electrode is formed by vacuum evaporation on a wafer. Ion is driven into a wafer in step 614 (ion implantation step). the above step 611 - step 614 -- each constitutes the head end process of each phase of wafer processing, and is chosen and performed according to required processing in each phase.

[0258] In each phase of a wafer process, after an above-mentioned head end process is completed, as it is the following, a tail end process is performed. By down stream processing, a sensitization agent is first applied to a wafer in step 615 (resist formation step) after this. Then, in step 616 (exposure step), the circuit pattern of a mask is imprinted to a wafer by the aligner and the exposure approach which were explained in the top. Next, the wafer exposed in step 617 (development step) is developed, and the exposed member of parts other than the part into which the resist remains is removed by etching in step 618 (etching step). And the resist which etching ended and became unnecessary is removed in step 619 (resist removal step).

[0259] By carrying out by repeating the head end process and tail end process of these, a circuit pattern is formed on a wafer multiplex.

[0260] The highly precise exposure which aimed at improvement in the superposition precision of a reticle pattern and the shot field on a wafer is attained without reducing a throughput as much as possible, since the lithography system concerning each above-mentioned operation gestalt and its exposure approach will be used on the occasion of exposure processing of the wafer for every lot in an exposure process (step 616), if the device manufacture approach of this operation gestalt explained above is used. Consequently, without reducing a throughput, it can become possible to imprint a more detailed circuit pattern with a sufficient superposition precision on a wafer, and the productivity (the yield is included) of the micro device of a high degree of integration can be raised. When using the vacuum-ultraviolet light sources, such as F2 laser light source, for the light source especially, even if minimum line width is that [ about 0.1-micrometer ], improvement in the productivity is possible for improvement in the resolution of projection optics, and an interval.

[0261]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the exposure approach concerning this invention, it is effective in the ability to perform exposure which maintained superposition precision

good.

[0262] Moreover, according to the device manufacture approach concerning this invention, it is effective in the ability to raise the productivity of a micro device.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

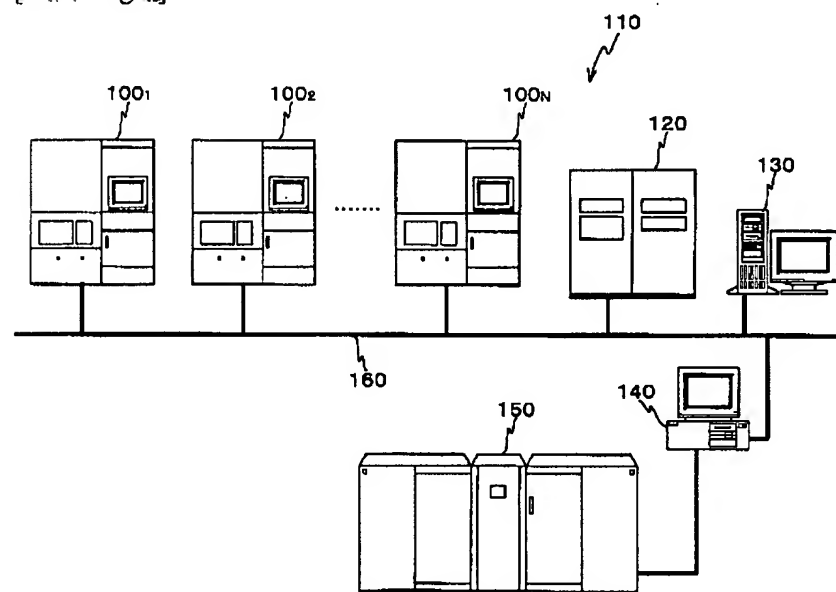
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

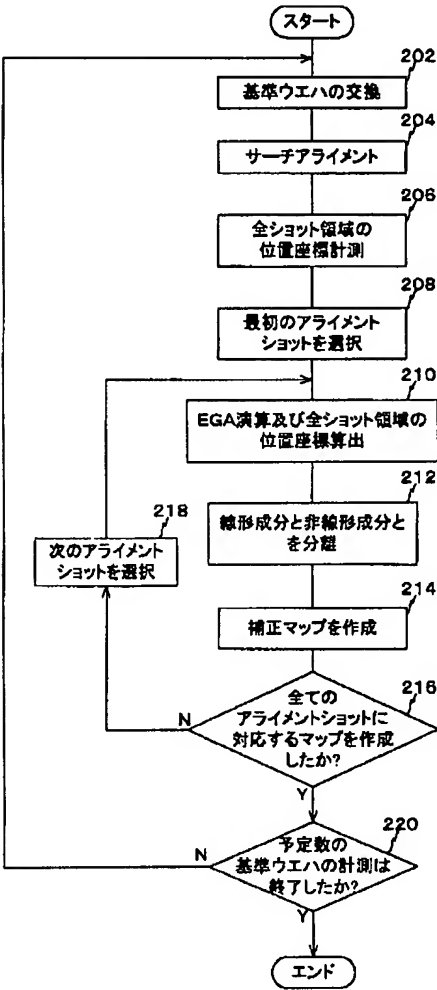
DRAWINGS

---

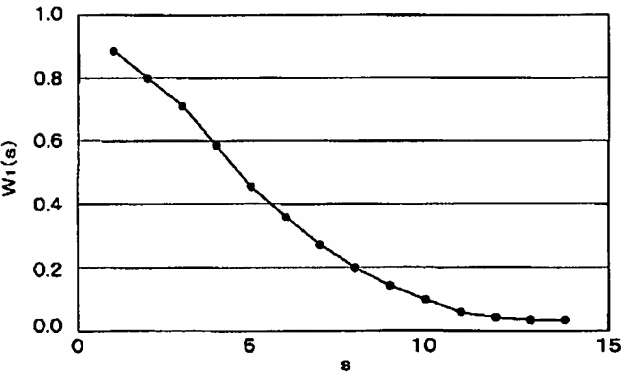
[Drawing 1]



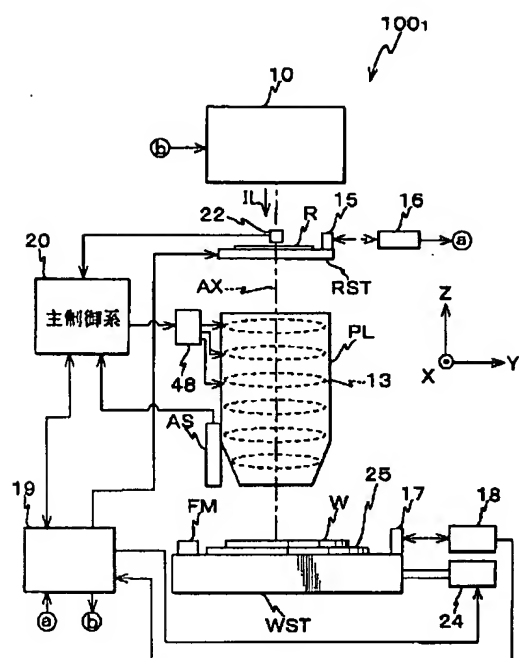
[Drawing 3]



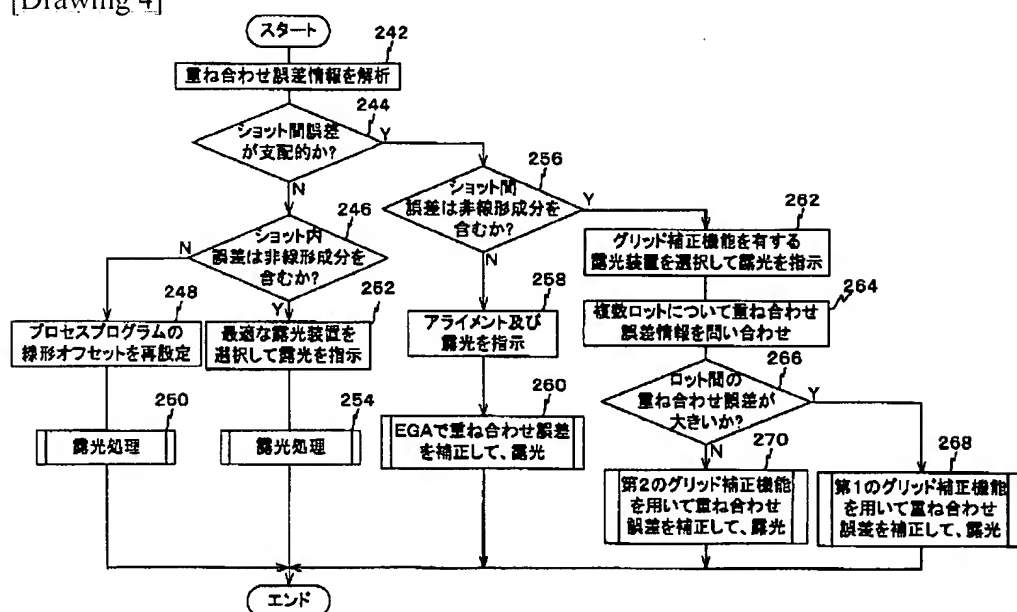
[Drawing 8]



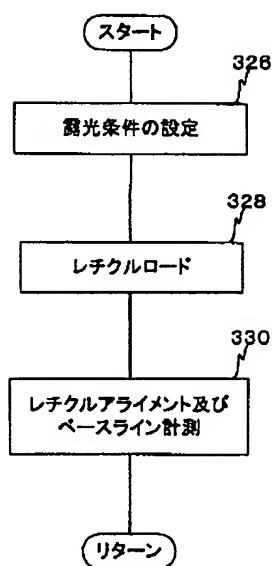
[Drawing 2]



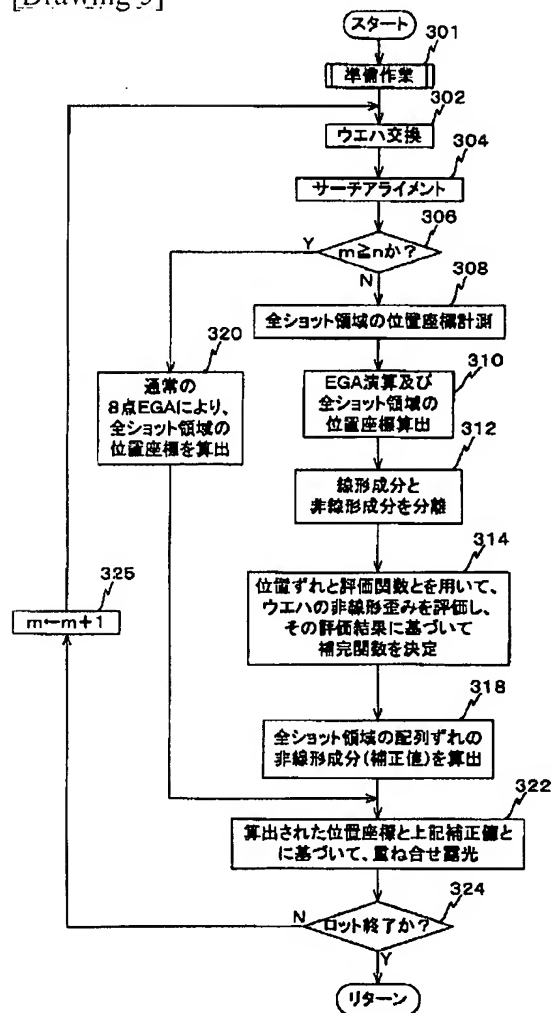
[Drawing 4]



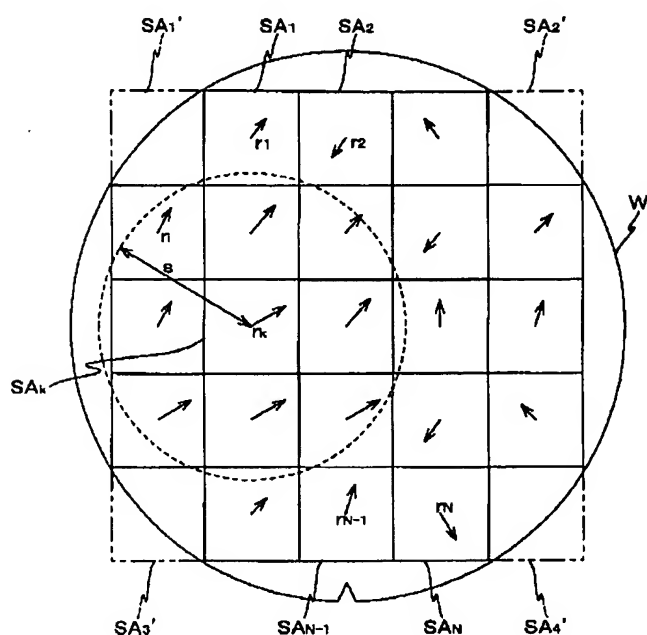
[Drawing 6]



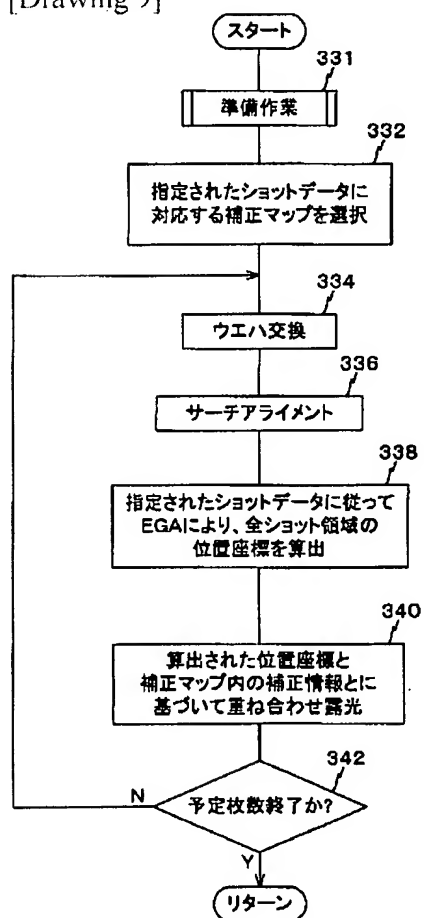
[Drawing 5]



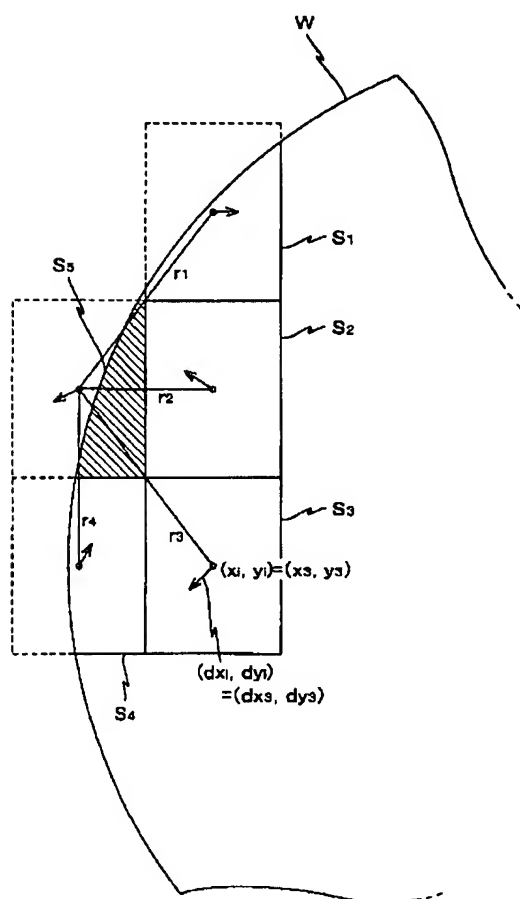
[Drawing 7]



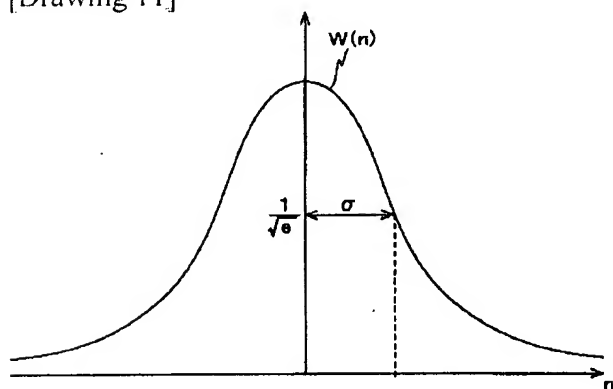
[Drawing 9]



[Drawing 10]

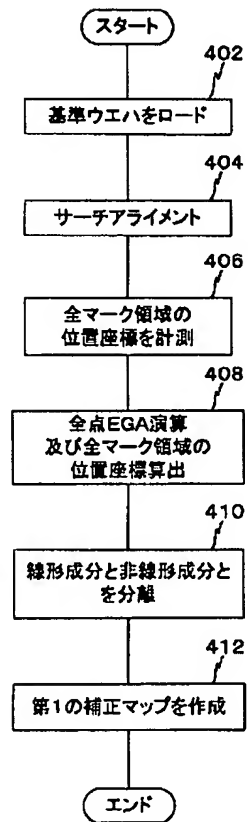


[Drawing 11]

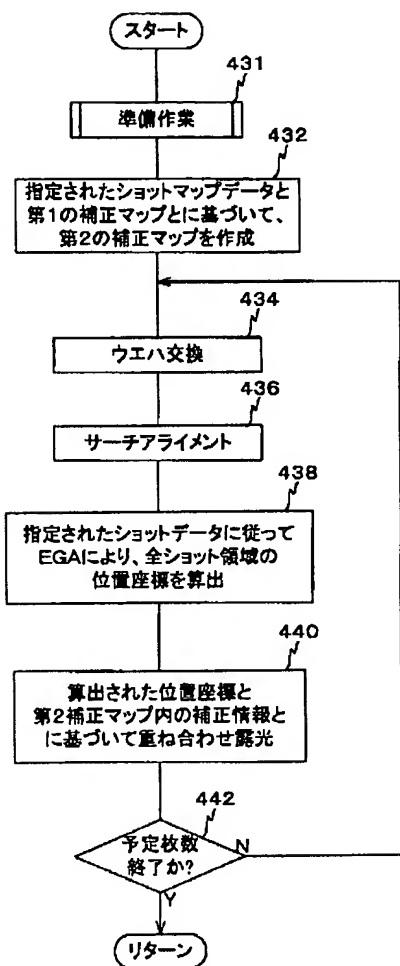


[Drawing 12]

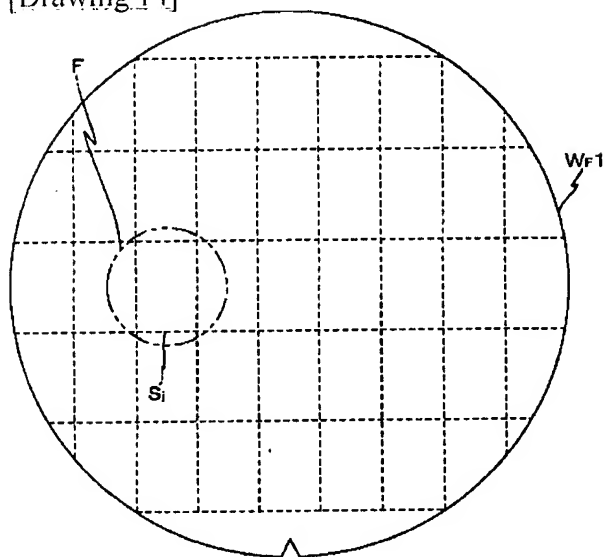




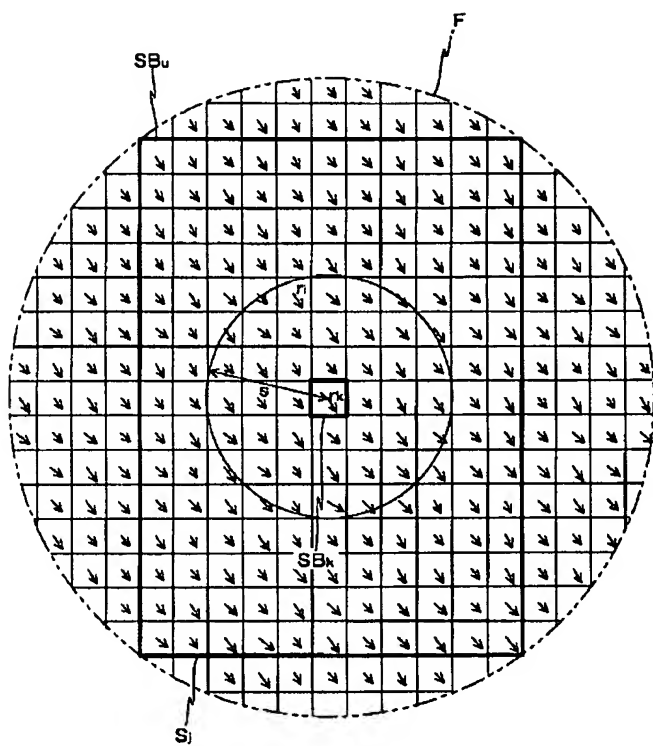
[Drawing 13]



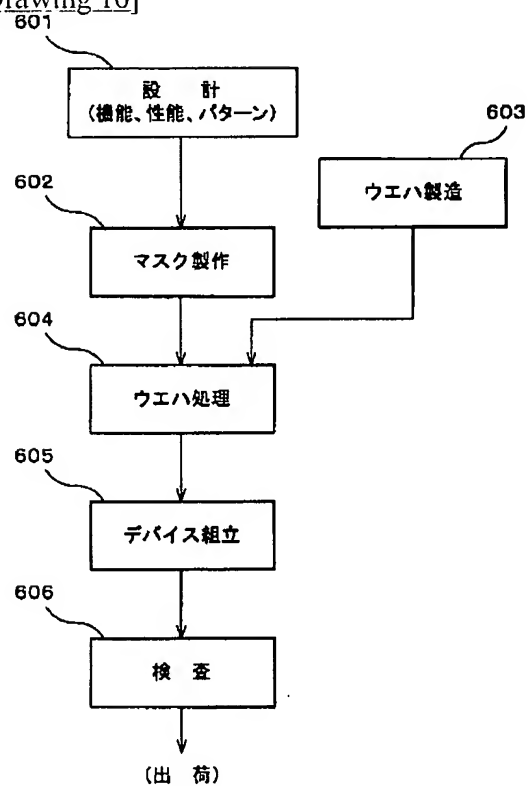
[Drawing 14]



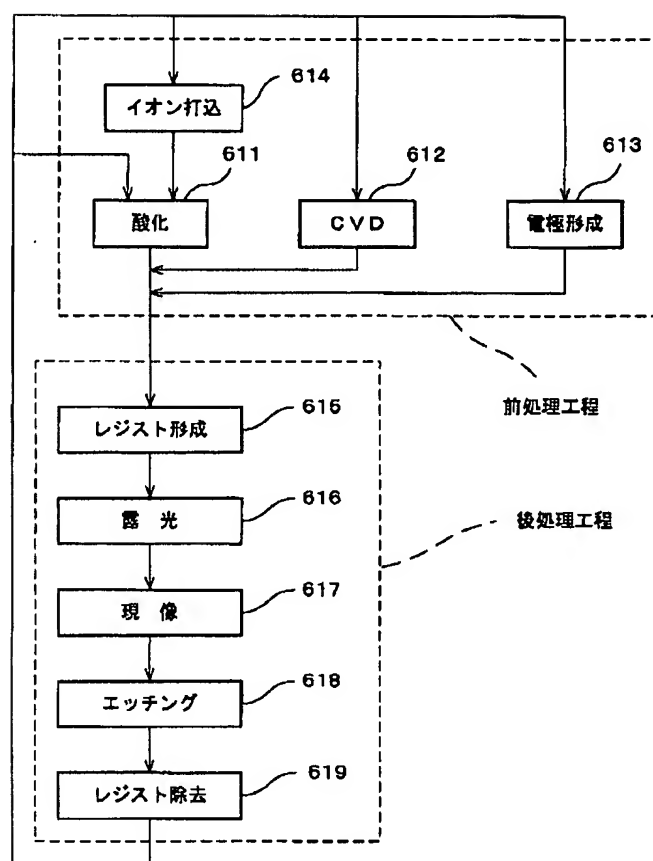
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-353121

(P2002-353121A)

(43) 公開日 平成14年12月6日 (2002.12.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	7-71-1* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/22	H 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/22		9/00	H
9/00		H 0 1 L 21/30	5 2 6 W

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2001-159388(P2001-159388)

(22) 出願日 平成13年5月28日 (2001.5.28)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 菊地 貴久

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100102901

弁理士 立石 篤男

Pターム(参考) 5F048 B405 C001 C002 FA10 FA17

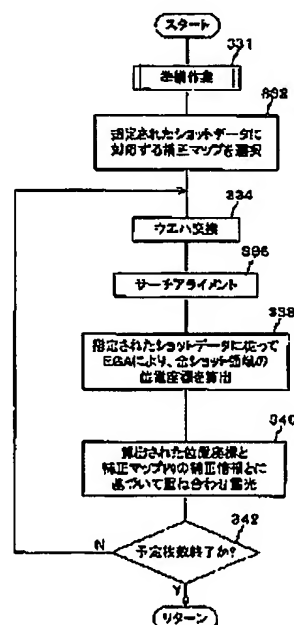
FC03 FC04 FC08 FC10

(54) 【発明の名称】 露光方法及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 スルーボットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行う。

【解決手段】 基板に関連する複数の条件のそれぞれについて基準ウエハ上のマークの検出結果に基づいて、実ウエハ上の複数のショット領域各々の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正マップを、予め用意する。そして、露光に先立って、指定されたショットデータ等に対応する補正マップを選択し(ステップ332)、ウエハ交換、サーチアライメント、EGAウエハアライメントにより全てのショット領域の配列座標を算出し(ステップ334~338)、その配列座標と補正マップとに基づいて、ウエハを移動して各ショット領域に対して重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光を行う。補正マップの作成は、基板の処理に関連する条件毎に行っても露光の際のスルーボットに影響を与えない。



(2)

特開2002-353121

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法であって、

前記基板に関連する少なくとも2種類の条件のそれぞれについて、特定基板の複数のマークの検出結果に基づいて、前記基板の複数の区画領域の個々の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る少なくとも2種類の補正マップを、予め作成するマップ作成工程と；露光に先立って、指定された条件に対応する補正マップを選択する選択工程と；前記基板の複数の特定区画領域それぞれに対応して設けられた複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と前記選択された補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光する露光工程と；を含む露光方法。

【請求項2】 前記少なくとも2種類の条件は、基板が経由した少なくとも2種類のプロセスに関する条件を含み、

前記マップ作成工程では、経由したプロセスの異なる複数種類の特定基板のそれぞれについて前記補正マップをそれぞれ作成し、

前記選択工程では、露光対象の基板に対応する補正マップを選択することを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

【請求項3】 前記少なくとも2種類の条件は、前記露光工程において前記マークが検出される前記複数の特定区画領域の選択に関する少なくとも2種類の条件を含み、

前記マップ作成工程では、前記特定基板の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して得られる、個々の基準位置に対する位置ずれ量をそれぞれ求め、

前記特定区画領域の選択に関する条件毎に、前記特定基板の前記条件に対応する複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記各区画領域の前記位置情報を算出し、該位置情報と前記各区画領域の前記位置ずれ量とに基づいて、前記各区画領域の個々の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを作成し、

前記選択工程では、指定された特定の区画領域の選択情報に対応する補正マップを選択することを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

【請求項4】 前記特定基板は、基準基板であることを特徴とする請求項1又は3に記載の露光方法。

【請求項5】 前記露光工程では、前記基板上の露光対象の区画領域に、周辺の区画領域であって前記補正マッ

プにその補正情報が含まれていない欠け領域が含まれている場合には、前記補正マップ中の前記欠け領域に隣接する複数の区画領域の補正情報を用いて、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、前記欠け領域の補正情報を算出することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項6】 基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法であって、

10 基準基板上の複数のマークを検出して各マークに対応するマーク領域の位置情報を計測する工程と；前記計測された位置情報を用いて統計演算により前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出する工程と；前記計測された位置情報と前記計算上の位置情報とに基づいて、前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成する工程と；露光に先立って、指定された区画領域の配列に関する情報に基づいて前記第1補正マップを、前記各区画領域の個々の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換する工程と；前記基板の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記区画領域それぞれの所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、前記位置情報と前記第2補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光する露光工程と；を含む露光方法。

【請求項7】 前記マップの変換は、前記各区画領域の基準位置毎に、隣接する複数のマーク領域についての補正情報に基づき、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、各基準位置の補正情報を算出することにより行われることを特徴とする請求項6に記載の露光方法。

【請求項8】 前記マップの変換は、基板上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を所定の評価関数を用いて評価した評価結果に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記各マーク領域の補正情報とに基づいて、前記各区画領域の基準位置毎に、補完演算を行うことにより実現されることを特徴とする請求項6に記載の露光方法。

40 【請求項9】 投影像の歪みを補正可能な露光装置を少なくとも1つ含む複数の露光装置を用いて複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光方法であって、予め測定した前記基板と同一のプロセスを経た少なくとも1枚の特定基板についての重ね合わせ誤差情報を解析する解析工程と；前記解析結果に基づいて、前記特定基板の各区画領域の位置ずれ量に異なる平行移動成分を含む区画領域間の誤差が支配的であるか否かを判断する第1判断工程と；前記第1判断工程において前記区画領域間の誤差が支配的であると判断された場合には、前記



(3)

特開2002-353121

3

4

区画領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むか否かを判断する第2判断工程と；前記第2判断工程において前記区画領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含まないと判断された場合に、前記任意の露光装置を用いて、前記基板上の複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記基板上の各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報に基づいて基板を移動して前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンを形成する第1露光工程と；前記第2判断工程において前記区画領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むと判断された場合に、前記区画領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な露光装置を用いて前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンを形成する第2露光工程と；前記第1判断工程において前記区画領域間の誤差が支配的でないと判断された場合には、前記投影像の歪みを補正可能な露光装置の1つを選択し、該選択した露光装置を用いて前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンを形成する第3露光工程と；を含む露光方法。

【請求項10】 前記第2判断工程において前記区画領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むと判断された場合に、前記区画領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な任意の1つの露光装置を選択して露光を指示する選択工程と；該露光が指示された露光装置による露光対象の基板が属するロットを含む複数のロットにおける重ね合わせ誤差の大小を判断する第3判断工程と；を含む。

前記第2露光工程では、前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンを形成するに際し、前記判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合に、前記露光装置が、そのロットの先端から所定数枚の基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、所定の関数を用いて前記各区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量の非線形成分を算出し、前記算出された位置情報及び前記非線形成分に基づいて前記基板を移動し、残りの基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報と前記算出された非線形成分とに基づいて前記基板を移動し、前記判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が大きくないと判断された場合には、ロット内の各基板について、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、該位置情報と予め作

成した基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップとに基づいて前記基板を移動することを特徴とする請求項9に記載の露光方法。

【請求項11】 基板上の複数の区画領域をそれぞれ露光して各区画領域にパターンを形成する露光方法において、

前記基板を露光する露光装置の重ね合わせ誤差情報に基づき、前記基板上で区画領域間の誤差が支配的であるときには第1アライメントモードを選択し、かつ前記区画領域間の誤差が支配的でないとときには前記第1アライメントモードと異なる第2アライメントモードを選択し、前記選択されたアライメントモードに基づいて、前記基板上の複数のマークをそれぞれ検出して得られる位置情報から前記各区画領域の位置情報を決定することを特徴とする露光方法。

【請求項12】 前記区画領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むとき、前記基板又はこれと異なる基板上の複数のマークを検出して得られる位置情報に基づいて、前記各区画領域で決定された位置情報の補正に用いられる非線形成分を算出し、前記第1アライメントモードで前記各区画領域を露光するときに前記算出された非線形成分を用いることを特徴とする請求項11に記載の露光方法。

【請求項13】 前記区画領域間の誤差が支配的でなく、前記区画領域内の誤差が所定値を超える非線形成分を含むか否かを判断し、該判断が否定されたときは前記第2アライメントモードを用いて前記基板を露光するとともに、前記判断が肯定されたときは前記区画領域内の誤差の非線形成分を補正可能な露光装置で前記基板の露光を行うことを特徴とする請求項11又は12に記載の露光方法。

【請求項14】 リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項1～13のいずれか一項に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光方法及びデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法、及び該露光方法を用いるデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子等のデバイスの製造工程では、ステップ・アンド・リピート方式、又はステップ・アンド・スキャン方式等の露光装置、ウェハブローバ、あるいはレーザーリペア装置等が用いられている。これらの装置では、基板上に規則的（マトリクス状）に

(4)

特開2002-353121

5

配列された複数のチップパターン領域（ショット領域）の各々を、基板の移動位置を規定する静止座標系（すなわちレーザ干渉計によって規定される直交座標系）内の所定の基準点（例えば、各種装置の加工処理点）に対して極めて精密に位置合わせ（アライメント）する必要がある。

【0003】特に、露光装置では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンの投影位置に対して基板（半導体ウエハやガラスプレート等）を位置合わせ（アライメント）するに際して、製造段階のチップでの不良品の発生による歩留りの低下を防止するため、その位置合わせ精度を常に高精度かつ安定に維持しておくことが望まれている。

【0004】通常、露光工程では、ウエハ上に10層以上の回路パターン（レチクルパターン）を重ね合わせて転写するが、各層間での重ね合わせ精度が悪いと、回路上の特性に不都合が生じることがある。このような場合、チップが所期の特性を満足せず、最悪の場合にはそのチップが不良品となり、歩留りを低下させてしまう。そこで、露光工程では、ウエハ上の複数のショット領域の各々に予めアライメントマークを付設しておき、ステージ座標系におけるそのマーク位置（座標値）を検出する。しかる後、このマーク位置情報と既知のレチクルパターンの位置情報（これは事前測定される）とに基づいてウエハ上の1つのショット領域をレチクルパターンに対して位置合わせ（位置決め）するウエハアライメントが行われる。

【0005】ウエハアライメントには大別して2つの方式があり、1つはウエハ上のショット領域毎にそのアライメントマークを検出して位置合わせを行うダイ・バイ・ダイ（D/D）アライメント方式である。もう1つは、ウエハ上のいくつかのショット領域のみのアライメントマークを検出してショット領域の配列の規則性を求めることで、各ショット領域を位置合わせするグローバル・アライメント方式である。現在のところ、デバイス製造ラインではスループットとの兼ね合いから、主にグローバル・アライメント方式が使用されている。特に現在では、例えば特開昭61-44429号公報、特開昭62-84516号公報などに開示されるように、ウエハ上のショット領域の配列の規則性を統計的手法によって精密に特定するエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）方式が主流となっている。

【0006】EGA方式とは、1枚のウエハにおいて予め特定ショット領域として選択された複数個（3個以上必要であり、通常7～15個程度）のショット領域のみの位置座標を計測し、これらの計測値から統計演算処理（最小二乗法等）を用いてウエハ上の全てのショット領域の位置座標（ショット領域の配列）を算出した後、この算出したショット領域の配列に従ってウエハステージをステップングさせていくものである。このEGA方式

6

は計測時間が短くて済み、ランダムな計測誤差に対して平均化効果が期待できるという長所がある。

【0007】ここで、EGA方式で行われている統計処理方法について簡単に説明する。ウエハ上の $m$ （ $m \geq 3$ なる整数）個の特定ショット領域（「サンプルショット領域」又は「アライメントショット領域」とも呼ばれる）の設計上の配列座標を $(X_n, Y_n)$ （ $n=1, 2, \dots, m$ ）とし、設計上の配列座標からのずれ $(\Delta X_n, \Delta Y_n)$ について次式（1）で示されるような楕円モデルを仮定する。

【0008】

【数1】

$$\begin{pmatrix} \Delta X_n \\ \Delta Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

【0009】さらに、 $m$ 個のサンプルショット領域の各々の実際の配列座標の設計上の配列座標からのずれ（計測値）を $(\Delta X_n, \Delta Y_n)$ としたとき、このずれと上記楕円モデルで仮定される設計上の配列座標からのずれとの残差の二乗和 $E$ は次式（2）で表される。

【0010】

【数2】

$$E = \sum \{ (\Delta X_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta Y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (2)$$

【0011】そこで、この式を最小にするようなパラメータ $a, b, c, d, e, f$ を求めれば良い。EGA方式では、上記の如くして算出されたパラメータ $a \sim f$ と設計上の配列座標とに基づいて、ウエハ上の全てのショット領域の配列座標が算出されることになる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】同一のデバイスの製造ラインでは、複数の露光装置（号機）間での重ね合わせ露光がしばしば行われる。このような場合、露光装置相互間のステージのグリッド誤差（各露光装置におけるウエハの移動位置を規定するステージ座標系相互間の誤差）が存在するため、重ね合わせ誤差が生じてしまう。また、仮に露光装置相互間でステージのグリッド誤差がない場合や、同一露光装置においても、エッチング、CVD（ケミカル・ベーパー・デポジション）、CMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシング）などのプロセス処理工程を経た各層間における重ね合わせでは、プロセス工程がショット領域の配列に歪みを与えるため重ね合わせ誤差が生じることがある。

【0013】かかる場合に、重ね合わせ誤差（ショット領域の配列誤差）の要因であるウエハ上のショット領域の配列誤差変動が楕円的な成分である場合には、前述したEGA方式のウエハアライメントにより除去することが可能であるが、非楕円的な成分である場合には、これを除去することが困難である。これは、前述の説明からも分かるように、EGA方式ではウエハ上のショット領域の配列誤差が楕円であるものとして扱っているからであ

(5)

特開2002-353121

7

8

る。

【0014】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能な露光方法を提供することにある。

【0015】本発明の第2の目的は、マイクロデバイスの生産性を向上させることができるデバイス製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法であって、前記基板に関連する少なくとも2種類の条件のそれぞれについて、特定基板上の複数のマークの検出結果に基づいて、前記基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る少なくとも2種類の補正マップを、予め作成するマップ作成工程と；露光に先立って、指定された条件に対応する補正マップを選択する選択工程と；前記基板上の複数の特定区画領域それぞれに対応して設けられた複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と前記選択された補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光する露光工程と；を含む露光方法である。

【0017】ここで、「基板に関連する条件」とは、基板が経てきたプロセスなどの他、例えばEGA方式などの基板アライメントに関するアライメントショット領域数、アライメントショット領域の配置などは勿論、基準ウエハ等の基準基板を基準として基板のアライメントが行われる基準基板方式によるか、干渉計ミラーの曲がりによる直交度誤差等を補正しつつ干渉計基準で基板のアライメントが行われる干渉計基準方式によるか等の基板あるいは基板の処理に関連する全ての条件を含む。

【0018】これによれば、基板に関連する少なくとも2種類の条件のそれぞれについて、特定基板上の複数のマークの検出結果に基づいて、前記基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る少なくとも2種類の補正マップを、予め作成する。

【0019】ここで、特定基板上の複数のマークの配置（又はレイアウト）と複数の区画領域の配置（又はレイアウト）との間には、一定の関係があることは必要であるが、区画領域それぞれに対応してマークが設けられていることまでは必要でない。要は、複数のマークの検出結果に基づいて複数の区画領域の位置情報が得られれば良い。

【0020】基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置（例えば設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分

は、例えば、特定基板上の複数のマークの検出結果に基づいて得られる特定基板上の複数の区画領域の位置情報と、前述したEGA方式のアライメントにより求めた特定基板上の複数の区画領域の位置情報との差に基づいて得ることができる。これは、前述の如く、EGA方式は、基板（この場合は特定基板）上の区画領域の配列誤差の線形成分を補正した位置情報を各区画領域の位置情報として算出するため、両者の差が、各区画領域の配列誤差、すなわち各区画領域の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の非線形成分に他ならないからである。この場合、補正マップの作成は、基板の処理に関連する条件毎に行っても、露光とは無関係に予め行うので、露光の際のスループットに影響を与えない。

【0021】そして、露光に先立って、基板に関する条件が、露光条件の1つとして指定されると、その指定された基板に関する条件に対応する補正マップを選択する。そして、基板上の複数の特定区画領域それぞれに対応して設けられた複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と前記選択された補正マップとに基づいて、基板を移動して各区画領域を露光する。すなわち、上記の統計演算により得られる各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の線形成分を補正した各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を、選択した補正マップに含まれる対応する補正情報（複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報）を用いて補正した位置情報を目標位置として基板が移動され、基板上の各区画領域の露光が行われる。従って、基板上の各区画領域に対して重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

【0022】従って、本発明によれば、スループットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。

【0023】この場合において、請求項2に記載の露光方法の如く、前記少なくとも2種類の条件は、基板が経由した少なくとも2種類のプロセスに関する条件を含む場合には、前記マップ作成工程では、経由したプロセスの異なる複数種類の特定基板のそれぞれについて前記補正マップをそれぞれ作成し、前記選択工程では、露光対象の基板に対応する補正マップを選択することとすることができる。ここで、基板が経由した少なくとも2種類のプロセスに関する条件には、レジスト塗布、露光、現像、エッチング等の工程の流れは同じであるが、少なくとも1つの工程における処理条件が異なる場合も含まれる。

【0024】上記請求項1に記載の露光方法において、請求項3に記載の露光方法の如く、前記少なくとも2種類の条件は、前記露光工程において前記マークが検出される前記複数の特定区画領域の選択に関する少なくともとも

9

2種類の条件を含む場合には、前記マップ作成工程では、前記特定基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して得られる、個別の基準位置に対する位置ずれ量をそれぞれ求め、前記特定区画領域の選択に関する条件毎に、前記特定基板上の前記条件に対応する複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記各区画領域の前記位置情報を算出し、該位置情報と前記各区画領域の前記位置ずれ量とに基づいて、前記各区画領域の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを作成し、前記選択工程では、指定された特定の区画領域の選択情報に対応する補正マップを選択することとすることができる。

【0025】上記請求項1及び3に記載の各露光方法において、特定基板は、プロセス基板であっても勿論良いが、請求項4に記載の露光方法の如く、前記特定基板は、基準基板であることとしても良い。

【0026】上記請求項1～4に記載の各露光方法において、請求項5に記載の露光方法の如く、前記露光工程では、前記基板上の露光対象の区画領域に、周辺の区画領域であって前記補正マップにその補正情報が含まれていない欠け領域が含まれている場合には、前記補正マップ中の前記欠け領域に隣接する複数の区画領域の補正情報を用いて、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、前記欠け領域の補正情報を算出することとすることができる。

【0027】請求項6に記載の発明は、基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法であって、基準基板上の複数のマークを検出して各マークに対応するマーク領域の位置情報を計測する工程と；前記計測された位置情報を用いて統計演算により前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出する工程と；前記計測された位置情報と前記計算上の位置情報とに基づいて、前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成する工程と；露光に先立って、指定された区画領域の配列に関する情報に基づいて前記第1補正マップを、前記各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換する工程と；前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記区画領域それぞれの所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、前記位置情報と前記第2補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光する露光工程と；を含む露光方法である。

【0028】これによれば、基準基板上の複数のマークを検出して各マークに対応するマーク領域の位置情報を

(5)

特開2002-353121

10

計測し、この計測された位置情報を用いて統計演算により各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出する。ここで、統計演算としては、前述したEGA方式で行われている統計処理と同様の演算を用いることができる。次いで、計測された位置情報と計算上の位置情報とに基づいて、各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成する。この場合、第1補正マップの作成は、露光とは無関係に予め行うことができるので、露光の際のスループットに影響を与えない。

【0029】そして、露光に先立って、区画領域の配列に関する情報が露光条件の1つとして指定されると、その指定された情報に基づいて第1補正マップを、各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換する。次いで、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により区画領域それぞれの所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、その位置情報と第2補正マップとに基づいて、基板を移動して各区画領域を露光する。すなわち、上記の実測位置情報に基づいて行われる統計演算により得られる各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の線形成分を補正した各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を、第2補正マップに含まれる対応する補正情報（各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報）を用いて補正した位置情報を目標位置として基板が移動され、基板上の各区画領域の露光が行われる。従って、基板上の各区画領域に対して重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

【0030】従って、本発明によれば、スループットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。特に、本発明によれば、基準基板上のマークの検出結果に基づいて得られた補正情報により、最終的に基板上の各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報が補正されるので、例えば同一のデバイス製造ラインで基準となる全ての露光装置を、基準基板を基準として重ね合わせ精度の向上を図ることができる。この場合、各露光装置における基板上の区画領域の配列に関する情報（ショットマップデータ）の如何に関わらず、複数の露光装置間の重ね合わせ露光を高精度に行うことが可能となる。

【0031】この場合において、請求項7に記載の露光方法の如く、前記マップの変換は、前記各区画領域の基準位置毎に、隣接する複数のマーク領域についての補正情報に基づき、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、各基準位置の補正情報を算出することにより行われることとすることもできるし、請求項8に記載の露光方法の如く、前記マップの変換は、前記基準基板上の

50

11

部分領域について非線形歪みの規則性や程度を所定の評価関数を用いて評価した評価結果に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記各マーク領域の補正情報とに基づいて、前記各区分領域の基準位置毎に、補完清算を行うことによって実現されることとすることもできる。

【0032】請求項9に記載の発明は、投影像の歪みを補正可能な露光装置を少なくとも1つ含む複数の露光装置(100、～100<sub>n</sub>)を用いて複数の基板の複数の区分領域を順次露光して各区分領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光方法であって、予め測定した前記基板と同一のプロセスを経た少なくとも1枚の特定基板についての重ね合わせ誤差情報を解析する解析工程と；前記解析結果に基づいて、前記特定基板の各区分領域の位置ずれ量に異なる平行移動成分を含む区分領域間の誤差が支配的であるか否かを判断する第1判断工程と；前記第1判断工程において前記区分領域間の誤差が支配的であると判断された場合には、前記区分領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むか否かを判断する第2判断工程と；前記第2判断工程において前記区分領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含まないと判断された場合に、前記任意の露光装置を用いて、前記基板上の複数の特定区分領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計清算により前記基板上の各区分領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報に基づいて基板を移動して前記各基板上の複数の区分領域を順次露光して各区分領域に前記パターンを形成する第1露光工程と；前記第2判断工程において前記区分領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むと判断された場合に、前記区分領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な露光装置を用いて前記各基板上の複数の区分領域を順次露光して各区分領域に前記パターンを形成する第2露光工程と；前記第1判断工程において前記区分領域間の誤差が支配的でないと判断された場合には、前記投影像の歪みを補正可能な露光装置の1つを選択し、該選択した露光装置を用いて前記各基板上の複数の区分領域を順次露光して各区分領域に前記パターンを形成する第3露光工程と；を含む露光方法である。

【0033】これによれば、予め測定した露光対象の基板と同一のプロセスを経た少なくとも1枚の特定基板についての重ね合わせ誤差情報を解析し、その解析結果に基づいて、特定基板上の各区分領域の位置ずれ量に異なる平行移動成分を含む区分領域間の誤差が支配的であるか否かを判断する。そして、この判断の結果、区分領域間の誤差が支配的であると判断された場合には、さらに区分領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むか否かを判断する。

【0034】そして、判断の結果、区分領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含まないと判断された場合には、任意の露光装置を用いて、基板上の複数の特定区

(7)

特開2002-353121

12

画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計清算により前記基板上の各区分領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報に基づいて基板を移動して各基板上の複数の区分領域を順次露光して各区分領域にパターンを形成する。すなわち、基板上の区分領域間の誤差が非線形成分を含まない(線形成分のみを含む)場合には、例えば前述したEGA方式のアライメントと同様の統計清算により求めた各区分領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報に基づいて各基板を移動して露光を行うことにより、重ね合わせ誤差(区分領域の位置ずれ量の線形成分)を補正した状態で高精度な露光が可能となる。

【0035】一方、上記判断の結果、前記区分領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むと判断された場合には、区分領域間の誤差(線形成分のみならず非線形成分も)を補正した状態で基板を露光可能な露光装置を用いて各基板上の複数の区分領域を順次露光して各区分領域にパターンを形成する。この場合、重ね合わせ誤差を補正した状態で高精度な露光が可能となる。

【0036】この一方、前述の判断の結果、区分領域間の誤差が支配的でないと判断された場合には、投影像の歪みを補正可能な露光装置の1つを選択し、該選択した露光装置を用いて各基板上の複数の区分領域を順次露光して各区分領域にパターンを形成する。すなわち、区分領域間の誤差が殆どない場合には、全ての区分領域に位置ずれ及び変形の少なくとも一方が一律に生じているので、投影像の歪を補正可能な露光装置を用いることにより、仮に各区分領域に非線形な変形が生じている場合であっても、重ね合わせ誤差を補正した状態で高精度な露光が可能となる。

【0037】以上より、本発明によれば、露光対象の基板の部分的な変形などに影響を受けることなく、複数の基板に対し高精度な露光を行うことが可能となる。

【0038】この場合において、請求項10に記載の露光方法の如く、前記第2判断工程において前記区分領域間の誤差が非線形成分を含むと判断された場合に、前記区分領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な任意の1つの露光装置を選択して露光を指示する選択工程と；該露光が指示された露光装置による露光対象の基板が覆えるロットを含む複数のロットにおける重ね合わせ誤差の大小を判断する第3判断工程と；を更に含む場合には、前記第2露光工程では、前記各基板上の複数の区分領域を順次露光して各区分領域に前記パターンを形成するに際し、前記判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合に、前記露光装置が、そのロットの先頭から所定枚数の基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計清算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、所定の関数を用いて前記各区分領域の所定の基準位置との位置ずれ量の非線形成

(8)

特開2002-353121

13

分を算出し、前記算出された位置情報及び前記非線形成分に基づいて前記基板を移動し、残りの基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報と前記算出された非線形成分とに基づいて前記基板を移動し、前記判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が大きくないと判断された場合には、ロット内の各基板について、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、該位置情報と予め作成した基板上の複数の区画領域毎の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップとに基づいて前記基板を移動することとすることができる。

【0039】請求項1に記載の発明は、基板上の複数の区画領域をそれぞれ露光して各区画領域にパターンを形成する露光方法において、前記基板を露光する露光装置の重ね合わせ誤差情報に基づき、前記基板上で区画領域間の誤差が支配的であるときには第1アライメントモードを選択し、かつ前記区画領域間の誤差が支配的でないときには前記第1アライメントモードと異なる第2アライメントモードを選択し、前記選択されたアライメントモードに基づいて、前記基板上の複数のマークをそれぞれ検出して得られる位置情報から前記各区画領域の位置情報を決定することを特徴とする露光方法である。

【0040】ここで、「区画領域間の誤差」とは、基板上で各区画領域の位置ずれ量に異なる平行移動成分を含むような基板上の誤差をいい、「区画領域内の誤差」とは基板上で各区画領域の位置ずれ量に同一の平行移動成分のみが含まれるかあるいは平行移動成分が含まれない場合の基板上の誤差をいう。

【0041】これによれば、基板を露光する露光装置の重ね合わせ誤差情報に基づき、前記基板上で区画領域間の誤差が支配的であるときには第1アライメントモードを選択し、かつ前記区画領域間の誤差が支配的でないときには前記第1アライメントモードと異なる第2アライメントモードを選択する。そして、選択されたアライメントモードに基づいて、基板上の複数のマークをそれぞれ検出して得られる位置情報から前記各区画領域の位置情報を決定する。

【0042】すなわち、基板上で区画領域間の誤差が支配的であるときには、例えばその区画領域間の誤差を補正できる第1アライメントモードが選択され、例えば区画領域間の誤差が支配的でないときには区画領域内の誤差を補正可能な第2アライメントモードが選択され、いずれにしても選択されたアライメントモードに従って基板上の複数のマークがそれぞれ検出され、このマークの検出結果に基づいて各区画領域の位置情報が決定される。そして、この決定した位置情報に従って基板が移動

14

され、基板上の複数の区画領域がそれぞれ露光され、各区画領域にパターンが形成される。これにより、前者の場合、区画領域内の誤差及び区画領域間の誤差を補正した高精度な重ね合わせ露光が可能となるとともに、後者の場合には区画領域内の誤差を補正高精度な重ね合わせ露光が可能となる。従って、本発明によれば、露光対象の基板の部分的な変形などに影響を受けることなく、誤差の発生状況に応じたアライメントモードの選択及び高精度な重ね合わせ露光を行うことが可能となる。

【0043】この場合において、請求項12に記載の露光方法の如く、前記区画領域間の誤差が所定値を超える非線形成分を含むとき、前記基板又はこれと異なる基板上の複数のマークを検出して得られる位置情報に基づいて、前記各区画領域で決定された位置情報の補正に用いられる非線形成分を算出し、前記第1アライメントモードで前記各区画領域を露光するときに前記算出された非線形成分を用いることとすることができる。

【0044】上記請求項11及び12に記載の各露光方法において、請求項13に記載の露光方法の如く、前記区画領域間の誤差が支配的でないとき、前記区画領域内の誤差が所定値を超える非線形成分を含むかを判断し、該判断が否定されたときは前記第2アライメントモードを用いて前記基板を露光するとともに、前記判断が肯定されたときは前記区画領域内の誤差の非線形成分を補正可能な露光装置で前記基板の露光を行うこととすることができる。

【0045】請求項14に記載の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、前記リソグラフィ工程では、請求項1～13のいずれか一項に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法である。

【0046】

【発明の実施の形態】＜第1の実施形態＞図1には、本発明の第1の実施形態に係るリソグラフィシステム110の全体構成が概略的に示されている。

【0047】このリソグラフィシステム110は、N台の露光装置100、100、……、100、重ね合わせ測定器120、集中情報サーバ130、ターミナルサーバ140、及びホストコンピュータ150等を備えている。露光装置100、100、……、100、重ね合わせ測定器120、集中情報サーバ130及びターミナルサーバ140は、ローカルエリアネットワーク(LAN)160を介して相互に接続されている。また、ホストコンピュータ150は、ターミナルサーバ140を介してLAN160に接続されている。すなわち、ハードウェア構成上では、露光装置100、(1=1～N)、重ね合わせ測定器120、集中情報サーバ130、ターミナルサーバ140、及びホストコンピュータ150の相互間の通信経路が確保されている。

【0048】露光装置100、100、……、100のそれぞれは、



(9)

特開2002-353121

15

ステップ・アンド・リピー方式の投影露光装置（いわゆる「ステップ」）であっても良いし、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（以下、「走査型露光装置」という）であっても良い。なお、以下の説明においては、露光装置100、～100<sub>n</sub>の全てが、投影像の歪み調整能力を有する走査型露光装置であるものとする。特に、露光装置100<sub>1</sub>は、ショット領域間の非線形誤差の補正機能（以下、「グリッド補正機能」とも呼ぶ）を有する走査型露光装置であるものとする。露光装置100<sub>1</sub>～100<sub>n</sub>の構成等については、後述する。

【0049】前記重ね合わせ測定器120は、例えば、連続的に処理される多数ロット（1ロットは例えば25枚）のウエハについて、各ロットの先頭の数枚のウエハ、あるいはパイロットウエハ（テストウエハ）について重ね合わせ誤差測定を実行する。

【0050】すなわち、上記のパイロットウエハなどは、プロセスに従って所定の露光装置により露光が行われ、既に一層以上のパターンが形成された状態で、次層（レイヤ）以降で使用される可能性がある露光装置、例えば露光装置100<sub>1</sub>に投入され、それらの露光装置により実際にレチクルのパターン（このパターンには少なくともレジストレーション計測マーク（重ね合わせ誤差計測マーク）が含まれる）が転写され、その後現像などの処理が行われて、重ね合わせ測定器120に投入される。そして、その重ね合わせ測定器120は、投入されたウエハ上に異なる層の露光の際に形成されたレジストレーション計測マーク像（例えばレジスト像）同士の重ね合わせ誤差（相対位置誤差）を計測し、更に所定の演算を行って重ね合わせ誤差情報（次層（レイヤ）以降で使用される可能性がある露光装置の重ね合わせ誤差情報）を算出する。すなわち、重ね合わせ測定器120は、このようにして各パイロットウエハの重ね合わせ誤差情報を測定する。

【0051】重ね合わせ測定器120の制御系（不図示）は、LAN160を介して、集中情報サーバ130との間で通信を行い、後述するデータの授受を行う。また、この重ね合わせ測定器120は、LAN160及びターミナルサーバ140を介して、ホストコンピュータ150との間で通信を行う。さらに、重ね合わせ測定器120は、LAN160を介して露光装置100<sub>1</sub>～100<sub>n</sub>との間で通信を行うことも可能である。

【0052】前記集中情報サーバ130は、大容量記憶装置とプロセッサとから構成される。大容量記憶装置には、ウエハWのロットに関する露光履歴データを記憶している。露光履歴データには、露光履歴データには、重ね合わせ測定器120で事前に計測された各ロットのウエハに対応するパイロットウエハなどについて計測された露光装置100<sub>1</sub>の重ね合わせ誤差情報（以下、「ロットのウエハの重ね合わせ誤差情報」と呼ぶ）の他、各層の露光時における各露光装置100<sub>1</sub>の結像特

16

性の調整（補正）パラメータなどが含まれている。

【0053】本実施形態では、各ロットのウエハについて特定の層間の露光時における重ね合わせ誤差データは、前述の如く、重ね合わせ測定器120によりパイロットウエハ（テストウエハ）又は各ロットの先頭の数枚のウエハについて計測された重ね合わせ誤差情報に基づいて重ね合わせ測定器120の制御系（あるいはその他のコンピュータ）によって算出され、集中情報サーバ130の大容量記憶装置に格納される。

【0054】前記ターミナルサーバ140は、LAN160における通信プロトコルとホストコンピュータ150の通信プロトコルとの相違を吸収するためのゲートウェイプロセッサとして構成される。このターミナルサーバ140の機能によって、ホストコンピュータ150と、LAN160に接続された各露光装置100<sub>1</sub>～100<sub>n</sub>及び重ね合わせ測定器120との間の通信が可能となる。

【0055】前記ホストコンピュータ150は大型のコンピュータで構成され、本実施形態では、少なくともリソグラフィ工程を含むウエハ処理工程の統括制御を行っている。

【0056】図2には、グリッド補正機能を有する走査型露光装置である露光装置100<sub>1</sub>の概略構成が示されている。グリッド補正機能とは、ウエハ上に既に形成された複数のショット領域相互間の位置誤差に平行移動成分であってかつ非線形な誤差成分が含まれている場合に、これを補正する機能を意味する。

【0057】露光装置100<sub>1</sub>は、照明系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWが搭載されるウエハステージWST、及び装置全体を統括制御する主制御系20等を備えている。

【0058】前記照明系10は、例えば特開平10-112433号公報、特開平6-349701号公報などに開示されるように、光源、オプティカルインテグレートとしてのフライアイレンズ又はロッドインテグレート（内面反射型インテグレート）等を含む照度均一化光学系、リレーレンズ、可変NDフィルタ、レチクルブラインド、及びダイクロイックミラー等（いずれも不図示）を含んで構成されている。この照明系10では、回路パターン等が描かれたレチクルR上のレチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域部分を照明光ILとして、ほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、KrFエキシマレーザ光（波長248nm）などの遠紫外光、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）、あるいはF<sub>2</sub>レーザ光（波長157nm）などの真空紫外光などが用いられる。照明光ILとして、超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線（g線、i線等）を用いることも可能である。

【0059】前記レチクルステージRST上には、レチ

(10)

特開2002-353121

17

クルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、例えば磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクルRの位置決めのため、照明系10の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直なXY平面内で微小駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここではY軸方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本実施形態では、上記磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータとして、X駆動用コイル、Y駆動用コイルの他にZ駆動用

10 コイルを含むものを用いているため、レチクルステージRSTをZ軸方向にも微小駆動可能な構成となっている。

【0060】レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって、移動鏡15を介して、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系19及びこれを介して主制御系20に供給される。ステージ制御系19では、主制御系20からの指示に応じ、レチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを駆動制御する。

【0061】レチクルRの上方には、一対のレチクルアライメント系22（但し、紙面奥側のレチクルアライメント系は不図示）が、配置されている。この一対のレチクルアライメント系22は、ここでは図示が省略されているが、照明光1Lと同じ波長の照明光にて検出対象のマークを照明するための補助照明系と、その検出対象のマークの像を撮像するためのアライメント顕微鏡とをそれぞれ含んで構成されている。アライメント顕微鏡は結像光学系と撮像素子とを含んでおり、アライメント顕微鏡による撮像結果は主制御系20に供給されている。この場合、レチクルRからの検出光をレチクルアライメント系22に導くための不図示の偏向ミラーが移動自在に配置されており、露光シーケンスが開始されると、主制御系20からの指令により、不図示の駆動装置により偏向ミラーはそれぞれレチクルアライメント系22と一体的に照明光1Lの光路外に退避される。

【0062】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされている。投影光学系PLとしては、例えば両側テレストリックな縮小系が用いられている。この投影光学系PLの投影倍率は例えば1/4、1/5あるいは1/6等である。このため、照明系10からの照明光1LによってレチクルRの照明領域が照明されると、このレチクルRを通過した照明光1Lにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に形成される。

18

【0063】投影光学系PLとしては、図1に示されるように、複数枚、例えば10～20枚程度の屈折光学素子（レンズ素子）13のみから成る屈折系が用いられている。この投影光学系PLを構成する複数枚のレンズ素子13のうち、物体面側（レチクルR側）の複数枚のレンズ素子は、不図示の駆動素子、例えばピエゾ素子などによって、Z軸方向（投影光学系PLの光軸方向）にシフト駆動、及びXY面に対する傾斜方向（すなわちX軸回りの回転方向及びY軸回りの回転方向）に駆動可能な可動レンズとなっている。そして、結像特性補正コントローラ48が、主制御系20からの指示に基づき、各駆動素子に対する印加電圧を独立して調整することにより、各可動レンズが個別に駆動され、投影光学系PLの種々の結像特性（倍率、ディストーション、非点収差、コマ収差、像面湾曲など）が調整されるようになっている。なお、結像特性補正コントローラ48は、光源を制御して照明光1Lの中心波長をシフトさせることができ、可動レンズの移動と同様に中心波長のシフトにより結像特性を調整可能となっている。

20 【0064】前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方で、不図示のベース上に配置され、このウエハステージWST上には、ウエハホルダ25が設置されている。このウエハホルダ25上にウエハWが例えば真空吸着等によって固定されている。ウエハホルダ25は不図示の駆動部により、投影光学系PLの光軸に直交する面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系PLの光軸AX方向（Z軸方向）にも駆動可能に構成されている。また、このウエハホルダ25は光軸AX回りの微小回転動作も可能になっている。

30 【0065】ウエハステージWSTは、走査方向（Y軸方向）の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を前記照明領域と共通な露光領域に位置させることができるように、走査方向に直交する非走査方向（X軸方向）にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を走査（スキャン）露光する動作と、次のショット領域の露光のための加速開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。このウエハステージWSTは例えばリニアモータ等を含むウエハステージ駆動部24によりXY2次元方向に駆動される。

40 【0066】ウエハステージWSTのXY平面内での位置は、その上面に設けられた移動鏡17を介して、ウエハレーザ干渉計システム18によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、ウエハステージWST上には、走査方向（Y方向）に直交する反射面を有するY移動鏡と非走査方向（X軸方向）に直交する反射面を有するX移動鏡とが設けられ、これに対応してウエハレーザ干渉計18もY移動鏡に垂直に干渉計ビームを照射するY干渉計と、X移動鏡に垂直に干渉計ビームを照射するX干渉計とが設け

(11)

特開2002-353121

19

20

られているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡17、ウエハレーザ干渉計システム18として示されているものである。すなわち、本実施形態では、ウエハステージWSTの移動位置を規定する静止座標系（直交座標系）が、ウエハレーザ干渉計システム18のY干渉計及びX干渉計の測長軸によって規定されている。以下においては、この静止座標系を「ステージ座標系」とも呼ぶ。なお、ウエハステージWSTの端面を鏡面加工して、前述した干渉計ビームの反射面を形成しても良い。

【0067】ウエハステージWSTのステージ座標系上における位置情報（又は速度情報）はステージ制御系19、及びこれを介して主制御系20に供給される。ステージ制御系19では、主制御系20の指示に応じ、ウエハステージWSTの上記位置情報（又は速度情報）に基づき、ウエハステージ駆動部24を介してウエハステージWSTを制御する。

【0068】また、ウエハステージWST上のウエハWの近傍には、基準マーク板FMが固定されている。この基準マーク板FMの表面は、ウエハWの表面と同じ高さに設定され、この表面には後述するアライメント系のいわゆるベースライン計測用の基準マーク、及びレチクルアライメント用の基準マークその他の基準マークが形成されている。

【0069】投影光学系PLの側面には、オフアクセス方式のアライメント系ASが設けられている。このアライメント系ASとしては、ここでは、例えば特開平2-54103号公報に開示されているような（Field Image Alignment（FIA）系）のアライメントセンサが用いられている。このアライメント系ASは、所定の波長幅を有する照明光（例えば白色光）をウエハに照射し、ウエハ上のアライメントマークの像と、ウエハと共役な面内に配置された指標板上の指標マークの像とを、対物レンズ等によって、撮像素子（CCDカメラ等）の受光面上に結像して検出するものである。アライメント系ASはアライメントマーク（及び基準マーク板FM上の基準マーク）の撮像結果を、主制御系20へ向けて出力する。

【0070】露光装置100には、さらに、投影光学系PLの最終結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する不図示の照射光学系と、その結像光束のウエハWの表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する不図示の受光光学系とから成る斜入射方式の多点フォーカス検出系が、投影光学系PLを支える支持部（図示省略）に固定されている。この多点フォーカス検出系としては、例えば特開平5-190423号公報、特開平6-283403号公報などに開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ステージ制御系19はこの多点フォーカス検出系からのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ25を2軸方向及び傾斜方向に駆動す

る。

【0071】主制御系20は、マイクロコンピュータ又はワークステーションを含んで構成され、装置の構成各部を統括して制御する。主制御系20は、前述したLAN160に接続されている。また、本実施形態では、主制御系20を構成するハードディスク等の記憶装置、あるいはRAM等のメモリには、予め作成された複数種類の補正マップがデータベースとして格納されている。

【0072】その他の露光装置100、～100<sub>n</sub>も、主制御系20のアルゴリズムの一部が異なる点を除き、露光装置100と同様に構成されている。

【0073】ここで、上記の補正マップの作成の手順について、簡単に説明する。この補正マップの作成手順は、大きくは、A. 特定基板としての基準ウエハの作製、B. 基準ウエハ上のマークの計測及びマーク計測結果に基づくデータベースの作成の手順で行われる。

【0074】A. 基準ウエハの作製

基準ウエハは、大略次の手順で作製される。

【0075】まず、シリコン基板（ウエハ）のほぼ全面に、二酸化シリコン（又は窒化シリコン、あるいはポリシリコンなど）の薄膜を成膜し、次いでこの二酸化シリコン膜の全面に不図示のレジスト塗布装置（コータ）を用いて感光剤（レジスト）を塗布する。そして、このレジスト塗布後の基板を、基準となる露光装置（例えば、同一のデバイス製造ラインで用いられる最も信頼性の高いスキャニング・ステッパ）のウエハホルダ上にロードするとともに、不図示の基準ウエハ用レチクル（基準マークパターンを拡大したパターンが形成された特殊なレチクル）をレチクルステージ上にロードして、その基準ウエハ用レチクルのパターンをシリコン基板上に、ステッパ・アンド・スキャン方式で縮小転写する。

【0076】これにより、シリコン基板上の複数のショット領域（使用が予定される露光装置にロードされる実ウエハと同数のショット領域であることが望ましい）に基準マークパターン（実ウエハのアライメントに用いられるウエハアライメントマーク（サーチアライメントマーク、ファインアライメントマークなど）の像が転写形成される。

【0077】次に、この露光が終了したシリコン基板をウエハホルダからアンロードし、不図示の現像装置（デベロッパ）を用いて現像する。これにより、シリコン基板表面に基準マークパターンのレジスト像が形成される。

【0078】そして、この現像処理が終了したシリコン基板に、不図示のエッチング装置を用いて基板表面が露出するまでエッチング処理を施す。次いで、このエッチング処理が終了したシリコン基板表面に残存するレジストを例えばプラズマアッシング装置等を用いて除去する。

【0079】これにより、シリコン基板上の二酸化シリ

(12)

特開2002-353121

21

コン隣に凹部として裏ウエハと同一の配置の複数のショット領域それぞれに対応して基準マーク（ウエハアライメントマーク）が形成された基準ウエハが作製される。

【0080】なお、基準ウエハとしては、上記のように、二酸化シリコン膜にパターンニングによってマークを形成するものに限らず、シリコン基板に凹部としてマークを形成した基準ウエハを用いても良い。このような基準ウエハは、次のようにして作製することができる。

【0081】まず、シリコン基板のほぼ全面に、不図示のレジスト塗布装置（コータ）を用いて感光剤（レジスト）を塗布する。そして、このレジスト塗布後のシリコン基板を、前述と同様に、基準となる露光装置のウエハホルダ上にロードしてステップ・アンド・スキャン方式で基準ウエハ用レチクルのパターンを転写する。

【0082】次に、この露光が終了したシリコン基板をウエハホルダからアンロードし、不図示の現像装置（デベロッパ）を用いて現像する。これにより、シリコン基板表面に基準マークパターンのレジスト像が形成される。そして、この現像処理が終了したシリコン基板に、不図示のエッチング装置を用いてシリコン基板が僅かに彫り込まれるまでエッチング処理を施す。次いで、このエッチング処理が終了した基板表面に残存するレジストを例えばプラズマアッシング装置等を用いて除去する。

【0083】これにより、シリコン基板表面に凹部として、裏ウエハと同一の配置の複数のショット領域それぞれに対応して基準マーク（ウエハアライメントマーク）が形成された基準ウエハが作製される。

【0084】基準ウエハは、同一のデバイス製造ラインで用いられる複数の露光装置の精度管理用として使用されるので、その製造ラインで用いられる複数の露光装置が種々のショットマップデータ（ウエハ上の各ショット領域のサイズ及び配列のデータ）を使用する可能性がある場合には、それらのショットマップデータ毎に作製することが望ましい。

【0085】B. データベースの作成

次に、上述のようにして作製された基準ウエハを用いて、補正マップから成るデータベースを作成する際の動作について、露光装置100が備える主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを概略的に示す図3のフローチャートに沿って説明する。

【0086】前提として、露光の際に用いられるプロセスプログラムファイルと呼ばれる露光条件設定ファイルと同様に、露光装置100で使用される可能性があるアライメントショット領域（EGA方式のウエハアライメントの際に選択される複数の特定のショット領域（アライメントショット領域））に関する情報や、ショットマップデータに関する情報などが、予め入力され不図示のRAM内の所定領域に記憶されているものとする。

【0087】まず、ステップ202において、不図示のウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上のウエ

22

ハ（基準ウエハを含む）と新たな基準ウエハとを交換する。但し、ウエハホルダ25上にウエハのない場合は、新たな基準ウエハをウエハホルダ25上に単にロードする。ここでは、上記のRAM内の所定領域に記憶されている第1番目のショットマップデータに対応するショット領域の配列を有する基準ウエハが新たな基準ウエハとしてウエハホルダ25上にロードされることになる。

【0088】次のステップ204では、そのウエハホルダ25上にロードされた基準ウエハのサーチアライメントを行う。具体的には、例えば、基準ウエハ中心に関してほぼ対称に周辺部に位置する少なくとも2つのサーチアライメントマーク（以下、「サーチマーク」と略述する）をアライメント系ASを用いて検出する。これらの2つのサーチマークの検出は、それぞれのサーチマークがアライメント系ASの検出視野内に位置するように、ウエハステージWSTを順次位置決めしつつ、かつアライメント系ASの倍率を低倍率に設定して行われる。そして、アライメント系ASの検出結果（アライメント系ASの指標中心と各サーチマークとの相対位置関係）と各サーチマーク検出時のウエハ干渉計システム18の計測値とに基づいて2つのサーチマークのステージ座標系上の位置座標を求める。しかる後、2つのサーチマークの位置座標から基準ウエハの残留回転誤差を算出し、この残留回転誤差がほぼ零となるようにウエハホルダ25を微小回転させる。これにより、基準ウエハのサーチアライメントが終了する。

【0089】次のステップ206では、基準ウエハ上の全てのショット領域のステージ座標系上における位置座標を計測する。具体的には、前述したサーチアライメント時における各サーチマークの位置座標の計測と同様に、ウエハW上のファインアライメントマーク（ウエハマーク）のステージ座標系上における位置座標、すなわち、ショット領域の位置座標を求める。但し、ウエハマークの検出は、アライメント系ASの倍率を高倍率に設定して行う。

【0090】次のステップ208では、RAM内の所定領域に記憶されている最初のアライメントショット領域の情報を選択して読み出す。

【0091】次のステップ210では、上記ステップ206で計測したショット領域の位置座標の中から上記ステップ208で読み出したアライメントショット領域に対応する位置座標と、それぞれの設計上の位置座標とに基づいて特開昭61-44429号公報等に開示されるような最小自乗法を用いた統計演算（前述した式（2）のEGA演算）を行い、前述した式（1）の6つのパラメータ $a \sim f$ （基準ウエハ上の各ショット領域の配列に関するローテーション $\theta$ 、X、Y方向のスケーリング $S_x$ 、 $S_y$ 、直交度 $Orth$ 、X、Y方向のオフセット $O_x$ 、 $O_y$ の6つのパラメータに対応）を算出するとともに、この算出結果と各ショット領域の設計上の位置座標とに

(13)

特開2002-353121

23

24

基ついて、全ショット領域の位置座標（配列座標）を算出し、その算出結果、すなわち基準ウエハ上の全ショット領域の位置座標を内部メモリの所定領域に記憶する。

【0092】次のステップ212では、基準ウエハ上の全てのショット領域について、位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離する。具体的には、上記ステップ210で算出した各ショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差を位置ずれ量の線形成分として算出するとともに、前述したステップ206で実際に計測した全てのショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差から前記線形成分を差し引いた残差を位置ずれ量の非線形成分として算出する。

【0093】次のステップ214では、上記ステップ212で算出した非線形成分を各ショット領域の配列ずれを補正する補正情報として含む、その基準ウエハ（ここでは、第1番目の基準ウエハ）に対応するショットマップデータ及び上記ステップ208で選択したアライメントショット領域に対応する補正マップを作成する。

【0094】次のステップ216では、RAM内の所定領域に記憶されている全てのアライメントショット領域に対応する補正マップを作成したか否かを判断し、この判断が否定された場合には、ステップ218に進んでRAM内の所定領域に記憶されている次のアライメントショット領域の情報を選択して読み出す。以後、上記ステップ210以下の処理を繰り返す。このようにして、第1番目の基準ウエハに対応するショットマップデータに関する予定される全てのアライメントショット領域に対応する補正マップの作成が完了すると、ステップ216の判断が肯定されてステップ220に進む。

【0095】ステップ220では、RAM内の所定領域に記憶されている全てのショットマップデータに関する情報に基づいて、予定数の基準ウエハについての計測が終了したか否かを判断する。そして、この判断が否定された場合には、ステップ202に戻り、基準ウエハを次の基準ウエハに交換した後、上記と同様の処理判断を繰り返す。

【0096】このようにして、予定していた全ての基準ウエハ（すなわち、全ての種類のショットマップデータ）に関して、予定していた全てのアライメントショット領域の選択時に対応する補正マップの作成が終了すると、ステップ220の判断が肯定され、本ルーチンの一連の処理を終了する。これにより、RAM内には、露光装置100が使用する可能性があるショットマップデータとアライメントショット領域の選択との全ての組み合わせについて、各ショット領域の個別の基準位置（例えば設計位置）からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップがデータベースとして格納される。なお、ステップ212では、ステップ206で計測した位置座標と設計上の位置座標とステップ210で算出した位置座標（計算値）とを用いて各シ

ョット領域の位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離したが、線形成分と非線形成分とを分離することなく、非線形成分のみを求めても良い。この場合には、ステップ206で計測した位置座標とステップ210で算出した位置座標との差を非線形成分とすれば良い。また、ステップ204のサーチアライメントはウエハWの回転誤差が許容範囲内であるときなどは行わなくても良い。

【0097】次に、本実施形態のリソグラフィシステム110によるウエハの露光処理のアルゴリズムを、図4～図9に基づいて説明する。

【0098】図4には、リソグラフィシステム110によるウエハの露光処理に関する全体的なアルゴリズムが概略的に示されている。

【0099】なお、図4に示される露光処理のアルゴリズムの実行の前提として、露光対象となるウエハWは、既に1層以上の露光が行われたものであり、また、ウエハWの露光履歴データなどは集中情報サーバ130に記憶されているものとする。また、集中情報サーバ130には、重ね合わせ計測器120で計測された露光対象のロットのウエハWと同一のプロセスを経たパイロットウエハの重ね合わせ誤差情報も格納されているものとする。

【0100】まず、ステップ242において、ホストコンピュータ150は、露光対象ロットのウエハの重ね合わせ誤差情報を、集中情報サーバ130から読み出し、解析する。

【0101】次のステップ244において、ホストコンピュータ150は、上記の解析の結果、そのロットのウエハWでは、ショット間誤差が支配的であるか否かを判断する。ここで、ショット間誤差とは、ウエハW上に既に形成された複数のショット領域相互間の位置誤差に平行移動成分が含まれるような場合を意味する。従って、このステップ244は、ウエハW上のショット領域相互間の位置誤差が、ウエハ熱膨張、ステージグリッドの号線間（露光装置間）差及びプロセスに起因する変形成分のいずれも殆ど含まない場合に否定され、その他の場合に肯定されることとなる。

【0102】そして、このステップ244における判断が肯定された場合には、ステップ256に移行する。このステップ256では、ホストコンピュータ150は、ショット間誤差は所定値を越える非線形成分を含むか否かを判断する。

【0103】そして、ステップ256における判断が肯定された場合には、ステップ262に進む。このステップ262では、ホストコンピュータ150は、グリッド補正機能を有する露光装置（本実施形態では露光装置100）を選択して露光を指示する。このとき、ホストコンピュータ150は、露光条件の設定の指示も併せて行う。

(14)

特開2002-353121

25

【0104】次のステップ264では、露光装置100の主制御系20がLAN160を介して集中情報サーバ130にその露光対象ロットを中心とする前後の複数ロットについての自装置に関するロットのウエハの重ね合わせ誤差情報を問い合わせる。そして、次のステップ266において、主制御系20は、上記の問い合わせの回答として、集中情報サーバ130から入手した複数ロットについての重ね合わせ誤差情報に基づいて、連続するロット間の重ね合わせ誤差を所定の閾値と比較して重ね合わせ誤差が大きいか否かを判断し、この判断が肯定された場合には、第1のグリッド補正機能を用いて重ね合わせ誤差を補正して、露光を行うサブルーチン268に進む。

【0105】このサブルーチン268では、露光装置100により、露光対象のロットのウエハWに対して次のようにして露光処理が行われる。

【0106】図5には、サブルーチン268において、同一ロット内の複数枚（例えば25枚）のウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムが示されている。以下、サブルーチン268において行われる処理について、図5のフローチャートに沿ってかつ適宜他の図面を参照しつつ説明する。

【0107】前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。さらに、前提として、後述するロット内のウエハ番号(m)を示す不図示のカウンタのカウント値は「1」に初期設定されている(m-1)のものとする。

【0108】まず、サブルーチン301において、所定の準備作業を行う。このサブルーチン301では、図6のステップ326において、上記ステップ262においてホストコンピュータ150から露光指示とともに与えられた露光条件の設定指示情報に対応するプロセスプログラムファイル（露光条件の設定ファイル）を選択して、これに従って露光条件の設定を行う。

【0109】次のステップ328では、不図示のレチクルロードを用いてレチクルステージRST上にレチクルRをロードする。

【0110】次のステップ330では、レチクルアライメント及びアライメント系ASのベースライン計測を行う。具体的には、主制御系20では、ウエハステージ駆動部24を介してウエハステージWST上の基準マーク板FMを投影光学系PLの直下に位置決めし、レチクルアライメント系22を用いてレチクルR上の一対のレチクルアライメントマークと基準マーク板FM上の前記一対のレチクルアライメントマークにそれぞれ対応するレチクルアライメント用の一対の第1基準マークとの相対位置を検出した後、ウエハステージWSTを所定量、例えばベースライン量の設計値だけXY面内で移動して、アライメント系ASを用いて基準マーク板FM上のベ

26

スライン計測用の第2基準マークを検出する。この場合、主制御系20では、このとき得られるアライメント系ASの検出中心と第2基準マークの相対位置関係及び先に計測したレチクルアライメントマークと基準マーク板FM上の第1基準マークとの相対位置と、それぞれに対応するウエハ干渉計システム18の計測値とに基づいて、ベースライン量（レチクルパターンの投影位置とアライメント系ASの検出中心（指標中心）との相対位置関係）を計測する。

15 【0111】このようにして、レチクルアライメント及びアライメント系ASのベースライン計測が終了すると、図5のステップ302にリターンする。

【0112】ステップ302では、不図示のウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのウエハ（便宜上「W'」と呼ぶ）と未露光のウエハWとを交換する。但し、ウエハホルダ25上にウエハW'のない場合は、未露光のウエハWをウエハホルダ25上に単にロードする。

20 【0113】次のステップ304では、そのウエハホルダ25上にロードされたウエハWのサーチアライメントを行う。具体的には、例えば、ウエハW中心に関してほぼ対称に周辺部に位置する少なくとも2つのサーチアライメントマーク（以下、「サーチマーク」と略述する）をアライメント系ASを用いて検出する。これらの2つのサーチマークの検出は、それぞれのサーチマークがアライメント系ASの検出視野内に位置するように、ウエハステージWSTを順次位置決めしつつ、かつアライメント系ASの倍率を低倍率に設定して行われる。そして、アライメント系ASの検出結果（アライメント系ASの指標中心と各サーチマークとの相対位置関係）と各サーチマーク検出時のウエハ干渉計システム18の計測値とに基づいて2つのサーチマークのステージ座標系上の位置座標を求める。しかる後、2つのマークの位置座標からウエハW残留回転誤差を算出し、この残留回転誤差がほぼ零となるようにウエハホルダ25を微小回転させる。これにより、ウエハWのサーチアライメントが終了する。

【0114】次のステップ306では、前述したカウンタのカウント値nが、所定の値n以上であるかを判断することにより、ウエハホルダ25（ウエハステージWST）上のウエハWが、ロット内の第n枚目以降のウエハであるかを判断する。ここでは、所定の値nは2以上で25以下の任意の整数に予め設定される。以下においては、説明の便宜上から、n=2であるものとして説明を行う。この場合、ウエハWはロット先頭（第1枚目）のウエハであるから、初期設定によりn=1となっているので、ステップ306の判断は否定され、次のステップ308に進む。

50 【0115】ステップ308では、ウエハW上の全てのショット領域のステージ座標系上における位置座標を計

(15)

特開2002-353121

27

測する。具体的には、前述したサーチアライメント時における各サーチマークの位置座標の計測と同様にして、ウエハW上のウエハアライメントマーク（ウエハマーク）のステージ座標系上における位置座標、すなわち、ショット領域の位置座標を求める。但し、ウエハマークの検出は、アライメント系ASの倍率を高倍率に設定して行う。

【0116】次のステップ310では、上記ステップ308で計測したショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標とに基づいて特開昭61-44429号公報等に掲載されるような最小二乗法を用いた統計演算（前述した式（2）のEGA演算）を行い、前述した式（1）の6つのパラメータ $a \sim f$ （ウエハW上の各ショット領域の配列に関するローテーション $\theta$ 、X、Y方向のスケール $S_x$ 、 $S_y$ 、直交度 $Orth$ 、X、Y方向のオフセット $O_x$ 、 $O_y$ の6つのパラメータに対応）を算出するとともに、この算出結果とショット領域の設計上の位置座標とに基づいて、全ショット領域の位置座標（配列座標）を算出し、その算出結果、すなわちウエハW上の全ショット領域の位置座標を内部メモリの所定領域に記憶する。

【0117】次のステップ312では、ウエハW上の全てのショット領域について、位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離する。具体的には、上記ステップ310で算出した各ショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差を位置ずれ量の線形成分として算出するとともに、前述したステップ308で実際に計測した全てのショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差から前記線形成分を差し引いた残差を非線形成分として算出する。

【0118】次のステップ314では、上記ステップ312の処理中に算出した全てのショット領域の位置座標（実測値）とそれぞれの設計上の位置座標との差である位置ずれ量と、所定の評価関数とに基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価し、この評価結果に基づいて補完関数（位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を表現する関数）を決定する。

【0119】以下、このステップ314の処理について、図7及び図8を参照して詳述する。

【0120】上記のウエハWの非線形歪み、すなわち非線形成分の規則性及びその度合いを評価するための評価関数としては、例えば次式（3）で示される評価関数 $W_i(s)$ が用いられる。

【0121】

【数3】

$$W_i(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \left( \frac{\sum_{j=1}^N \frac{\vec{r}_i \cdot \vec{r}_j}{|\vec{r}_i| |\vec{r}_j|}}{\sum_{j=1}^N 1} \right)}{N} \quad \dots (3)$$

【0122】図7には、上式（3）の評価関数の意味内容を説明するためのウエハWの平面図が示されている。図7において、ウエハW上には複数の区画領域としてのショット領域 $SA$ （総ショット数 $N$ ）がマトリクス状配置で形成されている。各ショット領域内に矢印で示されるベクトル $\vec{r}_k$ （ $k=1, 2, \dots, 1, \dots, N$ ）は、各ショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）を示すベクトルである。

【0123】上式（3）において、 $N$ はウエハW内のショット領域の総数を示し、 $k$ はそれぞれのショット領域のショット番号を示す。また、 $s$ は、図7に示される着目するショット領域 $SA_i$ の中心を中心とする円の半径を示し、 $i$ は、着目する $k$ 番目のショット領域から半径 $s$ の円内に存在するショット領域のショット番号を示す。また、式（3）中の $i \in s$ が付された $\vec{r}_i$ は、着目する $k$ 番目のショット領域 $SA_i$ から半径 $s$ の円内に存在する全てのショット領域についての総和をとることを意味する。

【0124】いま、上式（3）の右辺のかっこ内部分の関数を次式（4）のように定義する。

【0125】

【数4】

$$f_i(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \frac{\vec{r}_i \cdot \vec{r}_k}{|\vec{r}_i| |\vec{r}_k|}}{\sum_{k=1}^N 1} \quad \dots (4)$$

【0126】上式（4）の関数 $f_i(s)$ の意味するところは、着目するショット領域の位置ずれベクトル $\vec{r}_i$ （第1ベクトル）と、その周囲（半径 $s$ の円内）のショット領域における位置ずれベクトル $\vec{r}_k$ が成す角度を $\theta_{ik}$ とした場合の $\cos \theta_{ik}$ の平均値である。従って、この関数 $f_i(s)$ の値が1ならば、半径 $s$ の円内の全てのショット領域における位置ずれベクトルは、全て同じ方向を向いていることになる。0ならば、半径 $s$ の円内の全てのショット領域における位置ずれベクトルはお互いに全くランダムな方向を向いているということになる。すなわち、関数 $f_i(s)$ は、着目するショット領域の位置ずれベクトル $\vec{r}_i$ とその周囲の複数のショット領域の各位置ずれベクトル $\vec{r}_k$ との方向に関する相関を求めるための関数であり、これはウエハW上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を評価するための評価関数である。

【0127】従って、式（3）の評価関数 $W_i(s)$ 

は、着目するショット領域 $SA_i$ をショット領域 $SA_1$ か



(16)

特開2002-353121

29

30

らSA<sub>n</sub>に順次変更した際の関数f<sub>i</sub>(s)の加重平均に他ならない。

【0128】図8には、図7に示されるウエハWに対応する具体的な評価関数W<sub>1</sub>(s)の一例が示されている。この図8から明らかなように、評価関数W<sub>1</sub>(s)によると、sの値に応じてW<sub>1</sub>(s)の値が変化するので、経験則に頼ることなく、ウエハWの非線形歪みの規則性や程度を評価することができ、この評価結果を用い\*

ることにより、次のようにして、位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を表現する補完関数を決定することができる。

【0129】まず、補完関数として、例えば次式(5)、(6)でそれぞれ示されるようなフーリエ級数展開された関数を定義する。

【0130】

【数5】

$$\begin{aligned} \delta_s(x, y) &= \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left( A_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ &\quad \left. + C_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots(5) \\ A_{pq} &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}} \\ B_{pq} &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}} \\ C_{pq} &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}} \\ D_{pq} &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}} \end{aligned}$$

【0131】

※ ※ 【数6】

$$\begin{aligned} \delta_s(x, y) &= \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left( A_{pq}' \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B_{pq}' \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ &\quad \left. + C_{pq}' \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D_{pq}' \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots(6) \\ A_{pq}' &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}} \\ B_{pq}' &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}} \\ C_{pq}' &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}} \\ D_{pq}' &= \frac{\sum_{x,y} \Delta_s(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}} \end{aligned}$$

【0132】上式(5)において、A<sub>00</sub>、B<sub>00</sub>、C<sub>00</sub>、D<sub>00</sub>は、フーリエ級数係数であり、また、δ<sub>s</sub>(x, y)は、座標(x, y)のショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分のX成分（補完値、すなわち補正値）を示す。また、Δ<sub>s</sub>(x, y)は、前述したス

テップ312で算出された座標(x, y)のショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分のX成分である。

【0133】同様に、上式(6)において、A<sub>00</sub>'、B<sub>00</sub>'、C<sub>00</sub>'、D<sub>00</sub>'は、フーリエ級数係数であり、ま



(17)

特開2002-353121

31

た。δ、(x, y)は、座標(x, y)のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のY成分(補完値、すなわち補正値)を示す。また、Δ、(x, y)は、前述したステップ312で算出された座標(x, y)のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のY成分である。また、式(5)、(6)において、DはウエハWの直径を示す。

【0134】上式(5)、(6)の関数では、ショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の変動がウエハの直径当たり何周期存在するかを決定するパラメータp、qの最大値 $p_{max}=P$ 、 $q_{max}=Q$ の決定が重要である。

【0135】その理由は、次の通りである。すなわち、今、ウエハWの全ショット領域について得られたショット領域の配列ずれの非線形成分を上式(5)、(6)で展開することを考える。この場合において、ショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の変動がショット領域毎に生じているものとして、パラメータp、qの最大値 $p_{max}=P$ 、 $q_{max}=Q$ を1周期がショットピッチとなる場合に相当する最大値にした場合に、いずれかのショット領域として、アライメント誤差が他のショット領域に比べて大きい所謂「跳びショット」が含まれている場合を20 考える。このような跳びショットは、ウエハマークの崩れ等起因する計測エラー、又はウエハ表面の異物等に起因する局所的な非線形歪みにより発生するものであ \*

$$P=D/s=D/3, Q=D/s=D/3$$

……(7)

【0138】これにより、最適なP、Qを決定することができ、これにより式(5)、(6)の補完関数を決定することができる。

【0139】次のステップ318では、上述のようにして決定した式(5)、(6)の補完関数に、ステップ312で算出された座標(x, y)のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のX成分Δ、(x, y)、Y成分Δ、(x, y)を、それぞれ代入して、演算を行うことにより、ウエハW上の全ショット領域の配列ずれの非線形成分のX成分(補完値、すなわち補正値)及びY成分(補完値、すなわち補正値)を算出した後、ステップ322に進む。

【0140】ステップ322では、前述した内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、それぞれのショット領域について上記ステップ318で算出された位置ずれ量の非線形成分の補正値とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量(線形成分及び非線形成分)が補正された重ね合わせ補正位置を算出するとともに、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための加速開始位置(走査開始位置)にウエハWを順次ステップングさせる動作と、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを定置方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・

32

\*る。このような場合、その跳びショットの計測結果までも含んで補完関数で表現してしまうことになる。これを防ぐためには、P、Qを1周期がショットピッチとなる場合に相当する上述した最大値よりも小さな値にする必要がある。すなわち、跳びショットの計測結果などに起因する高周波成分は除去し、最適な低周波成分のみを補完関数で表現することが望ましい。

【0136】そこで、本実施形態では、前述した式(3)の評価関数 $W(s)$ を用いて、パラメータp、

qの最大値 $p_{max}=P$ 、 $q_{max}=Q$ を決定することとした。このようにすると、仮に、跳びショットが存在したとしても、その跳びショットと周囲のショット領域との間には相関は殆どない。従って、その跳びショットの計測結果は、式(3)で示される $W(s)$ の値を増加させる要因にはならないので、結果的に式(3)を用いることにより跳びショットの影響を低減あるいは除去することが可能になる。すなわち、図8において、例えば $W(s)>0.7$ であるような半径s内の領域を互いに相関がある領域とみなし、その領域を1つの補完値で表現することを考えると、図8より、そのようなsは $s=3$ である。P、Qはこの値 $s=3$ 、及びウエハの直径Dを用いて次のように書くことができる。

【0137】

スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭(ロット内の第1枚目)のウエハWに対する露光処理が終了する。

【0141】次のステップ324では、前述したカウンタのカウンタ値 $m>24$ が成立するか否かを判断することにより、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断する。ここでは、 $m=1$ であるから、この判断は否定され、ステップ325に進んで、カウンタのカウンタ値 $m$ をインクリメント( $m=m+1$ )した後、ステップ302に戻る。

【0142】ステップ302において、不図示のウエハローダを用いて図2のウエハホルダ25上の露光処理済みのロット先頭のウエハとロット内の第2枚目のウエハWとを交換する。

【0143】次のステップ304では、前述と同様にして、ウエハホルダ25上にロードされたウエハW(この場合、ロット内の第2枚目のウエハ)のサーチアライメントを行う。

【0144】次のステップ306では、前述したカウンタのカウンタ値 $m$ が、所定の値 $n=2$ 以上か否かを判断することにより、ウエハホルダ25(ウエハステージWST)上のウエハWが、ロット内の第 $n=2$ 枚目以降のウエハであるか否かを判断する。この場合、ウエハWはロット内の第2枚目のウエハであるから、 $m=2$ となっているので、ステップ306の判断は肯定され、ステッ

(18)

特開2002-353121

33

ブ320に移行する。

【0145】ステップ320では、通常の8点EGAにより、ウエハW上の全ショット領域位置座標を算出する。より具体的には、前述と同様にアライメント系ASを用いて、ウエハW上の予め選択された8つのショット領域（サンプルショット領域、すなわちアライメントショット領域）に付設されたウエハマークを計測し、それらのサンプルショットのステージ座標系上における位置座標を求める。そして、その求めたサンプルショットの位置座標とそれぞれの設計上の位置座標とに基づいて特  
 10 開昭61-44429号公報等に開示されるような最小自乗法を用いた統計演算（前述した式（2）のEGA演算）を行い、前述した式（1）の6つのパラメータを算出するとともに、この算出結果とショット領域の設計上の位置座標とに基づいて、全ショット領域の位置座標（配列座標）を算出する。そして、その算出結果を内部メモリの所定領域に記憶した後、ステップ322に進む。

【0146】ステップ322では、前述と同様にして、ステップ・アンド・スキャン方式により、ロット内の第  
 20 2枚目のウエハWに対する露光処理が行われる。この際、各ショット領域の露光の際の走査開始位置（加速開始位置）へのウエハWのステッピングに際しては、内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、それぞれのショット領域について先にステップ318で算出された位置ずれ量の非線形成分の補正値とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量（線形成分及び非線形成分）が補正された重ね合わせ補正位置が算出される。

【0147】上記のようにして、ロット内の第2枚目の  
 30 ウエハWの露光が終了すると、ステップ324に進み、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断するが、ここにおける判断は否定され、ステップ302に戻って、以降、ロット内の全てのウエハの露光が終了するまで、上記ステップ302～ステップ324の処理、判断が繰り返し行われる。

【0148】そして、ロット内の全てのウエハの露光が終了し、ステップ324の判断が肯定されると、図5のサブルーチンの処理を終了し図4に戻り、一連の露光処理を終了する。

【0149】この一方、上記ステップ266における判断が否定された場合には、第2のグリッド補正機能を用いて重ね合わせ誤差を補正して、露光を行うサブルーチン270に移行する。

【0150】このサブルーチン270では、露光装置100により、露光対象のロットのウエハWに対して次のようにして露光処理が行われる。

【0151】図9には、サブルーチン270において、同一ロット内の複数枚（例えば25枚）のウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を  
 50

34

行う場合の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムが示されている。以下、サブルーチン270において行われる処理について、図9のフローチャートに沿ってかつ適宜他の図面を参照しつつ説明する。

【0152】前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。

【0153】まず、サブルーチン331において、前述したサブルーチン301と同様の手順で、所定の準備作業を行った後、ステップ332に進む。このステップ332では、上記ステップ262においてホストコンピュータ150から露光指示とともに与えられた露光条件の設定指示情報に基づいて、上記の所定の準備作業中に選択したプロセスプログラムファイル内に含まれるショットマップデータ及びアライメントショット領域の選択情報などのショットデータに対応する補正マップをRAM内のデータベースから選択的に読み出して内部メモリに一時的に記憶する。

【0154】次のステップ334では、不図示のウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのウエハ（便宜上「W'」と呼ぶ）と未露光のウエハWとを交換する。但し、ウエハホルダ25上にウエハW'のない場合は、未露光のウエハWをウエハホルダ25上に単にロードする。

【0155】次のステップ336では、そのウエハホルダ25上にロードされたウエハWのサーチアライメントを前述と同様の手順で行う。

【0156】次のステップ338では、ショットマップデータ及びアライメントショット領域の選択情報などのショットデータに従って、EGA方式のウエハアライメントを前述と同様にして行い、ウエハW上の全ショット領域の位置座標を算出し、内部メモリの所定領域に記憶する。

【0157】次のステップ340では、前述した内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、内部メモリ内に一時的に格納された補正マップ内のそれぞれのショット領域についての位置ずれ量の非線形成分の補正値（補正情報）とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量（線形成分及び非線形成分）が補正された重ね合わせ補正位置を算出するとともに、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域に対する露光のための走査開始位置（加速開始位置）にウエハステージWST（ウエハW）を順次ステッピングさせる動作と、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭（ロット内の第1枚目）のウエハWに対する露光処理が終了する。

35

【0158】次のステップ342では、予定枚数のウエハに対する露光が終了したか否かを判断し、この判断が否定された場合には、ステップ334に戻り、以後上記処理、判断を繰り返す。

【0159】このようにして、予定枚数のウエハWに対して露光が終了すると、ステップ342における判断が肯定され、図9のサブルーチンの処理を終了し図4に戻り、一連の露光処理を終了する。

【0160】一方、前述したステップ256における判断が否定された場合、すなわちショット間誤差はあるが線形成分（ウエハ倍率誤差、ウエハ直交度誤差、ウエハ回転誤差等）のみが含まれる場合には、ステップ258に移行する。このステップ258では、ホストコンピュータ150は、前述した露光装置100、（この露光装置100は予め定められているものとする）の主制御系にEGAウエハアライメント及び露光を指示する。

【0161】次いで、サブルーチン260において、露光装置100により、前述と同様にして所定の準備作業が行われた後、その露光対象のロットのウエハに対してEGAウエハアライメント、及び露光が所定の手順で行われ、この際に、前述したように、ウエハW上に既に形成されたショット領域間の位置誤差（線形成分）に起因する重ね合わせ誤差が補正された高精度な露光が行われる。

【0162】この一方、前述したステップ244における判断が否定された場合、すなわちショット内誤差が支配的である場合には、ステップ246に進む。このステップ246では、ホストコンピュータ150は、ショット内誤差が所定値を超える非線形成分を含むか否か、具体的にはショット内誤差がショット倍率誤差、ショット直交度誤差、ショット回転誤差などの線形成分以外の誤差（所定値を超える誤差）を含むか否かを判断する。そして、この判断が否定された場合には、ステップ248に進む。このステップ248では、ホストコンピュータ150は、そのロットのウエハの露光に用いられる露光装置100、（この露光装置100は予め定められているものとする）で次に用いられるプロセスプログラムファイルと呼ばれる露光条件設定ファイル内の線形オフセット（ショット倍率、ショット直交度、ショット回転などのオフセット）を、ステップ242における解析結果に基づいて再設定する。

【0163】その後、サブルーチン250に進む。このサブルーチン250では、露光装置100により、通常のスキヤニング・ステップと同様の手順で、上記の線形オフセットが再設定された後のプロセスプログラムに従って露光処理が行われる。なお、このサブルーチン250の処理は、通常と異なるところがないので詳細説明は省略する。その後、本ルーチンの一連の処理が終了する。

【0164】一方、上記ステップ246における判断が

(19)

特開2002-353121

36

肯定された場合には、ステップ252に移行する。このステップ252では、ホストコンピュータ150は、そのロットのウエハの露光に最適な像歪補正能力を有する露光装置（100とする）を露光装置100、～100の中から選択し、その露光装置100に露光を指示する。この場合の最適な露光装置の選択には、例えば特開2000-36451などに詳細に開示される方法と同様の方法を用いることができる。

【0165】すなわち、ホストコンピュータ150は、まず、重ね合わせ露光の対象となるウエハのロットの識別子（例えば、ロット番号）と、重ね合わせ露光にあたって重ね合わせ精度を確保すべき1層以上の露光済み層（以下、「基準層」と呼ぶ）とを指定して、ターミナルサーバ140及びLAN160を介して集中情報サーバ130に対して重ね合わせ誤差データ及び結像特性の調整（補正）パラメータに関する問い合わせを行う。これにより、集中情報サーバ130では、受信したロットの識別子及び基準層に応じて、大容量記憶装置に記憶されている露光履歴情報の中からそのロットのウエハについての基準層と次層との間の露光時における重ね合わせ誤差データ、及びそのロットのウエハについての各層の露光時における各露光装置100の結像特性の調整（補正）パラメータを読み出し、ホストコンピュータ150に送る。

【0166】次いで、ホストコンピュータ150は、上記の種々の情報に基づいて、結像特性の調整能力範囲内におけるそのロットのウエハの基準層と次層との重ね合わせ誤差が最小となる結像特性の調整パラメータ値とその調整パラメータを適用した際に残留する重ね合わせ誤差（補正残留誤差）とを、露光装置100毎に算出する。

【0167】次いで、ホストコンピュータ150は、各補正残留誤差と所定の許容誤差とを比較し、補正残留誤差が許容誤差以下である露光装置を、重ね合わせ露光を行う露光装置の候補として決定する。そして、ホストコンピュータ150は、決定した候補の露光装置について現在の稼働状況及び将来の稼働予定を参照し、最も効率良くリソグラフィ工程を進行させる観点から、重ね合わせ露光を行う露光装置を選択する。

【0168】その後、サブルーチン254に進む。このサブルーチン254では、その選択された露光装置により、通常のスキヤニング・ステップと同様の手順で、重ね合わせ誤差の補正残留誤差が極力小さくなるように、投影光学系の結像特性が調整された状態で露光処理が行われる。なお、このサブルーチン254の処理は、通常の結像特性補正機構を備えたスキヤニング・ステップによるものと異なるところがないので詳細説明は省略する。その後、本ルーチンの一連の処理が終了する。なお、上記の補正残留誤差が極力小さくなるような結像特性の補正指令は、ホストコンピュータ150から選択さ

(20)

特開2002-353121

37

れた露光装置の主制御系に送信しても良いし、像歪み演算装置を別に設けて、選択された露光装置の主制御系が重ね合わせ露光の対象となるウエハWのロットの識別子及び自装置の識別子を指定して当該ロットのウエハWを露光するにあたっての投影像の歪みの調整パラメータ値を像歪み演算装置に問い合わせるようにしても良い。

【0169】以上説明したように、本実施形態によると、基進ウエハ上の複数のショット領域それぞれに対応して設けられた複数の基準マークの検出結果に基づいて、露光に用いられるウエハ（プロセスウエハ）上の複数のショット領域各々の個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを、露光装置100、で使用される可能性のあるアライメントショット領域の選択条件毎に予め作成する。

【0170】この補正マップの作成に際しては、基進ウエハ上の複数のショット領域の各々について、各ショット領域に対応して設けられる基準マークを検出して得られる各ショット領域の位置情報、すなわち個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量をそれぞれ求める（ステップ308）。次いで、アライメントショット領域の選択に関する条件毎に、基進ウエハ上の条件に対応する複数のアライメントショット領域に対応する基準マークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算（EGA演算）により、基進ウエハ上の各ショット領域の位置情報（位置ずれ量の線形成分が補正された位置情報）を算出し、該位置情報と各ショット領域の個別の基準位置の情報、及び各ショット領域の前記位置ずれ量とに基づいて、各ショット領域の個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを作成する（ステップ310～ステップ314）。

【0171】また、本実施形態では、露光装置100、で使用される可能性があるショットマップデータに対応する基進ウエハを予め作製し、基進ウエハのそれぞれを用いて、同様の手順により、露光に用いられるウエハ（プロセスウエハ）上の複数のショット領域各々の個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを、露光装置100、で使用される可能性があるアライメントショット領域の選択条件毎に予め作成する。これらの補正マップは、主制御系20内のRAMに記憶される。

【0172】このように複数の補正マップを作成するが、これらの補正マップの作成は、露光とは無関係に予め行うので、露光の際のスループットに影響を与えない。

【0173】そして、ホストコンピュータ150により、パイロットウエハ等の重ね合わせ誤差の計測結果に基づいてショット間誤差が支配的であると判断され（ステップ242、ステップ244）、かつEGA方式のウ

38

エハアライメントのみで重ね合わせ誤差の補正が困難であると判断された場合に、露光装置100、に露光条件を指定して露光が指示される（ステップ256、ステップ262）。これにより、露光装置100、の主制御系20がロット間の重ね合わせ誤差の大きさを判断し（ステップ264、ステップ266）、ロット間の重ね合わせ誤差が小さい場合に、サブルーチン270に移行する。このサブルーチン270では、主制御系20が露光条件の1つとして指定されたショットマップデータ及びアライメントショット領域に対応する補正マップを選択する（ステップ332）。また、主制御系20は、ウエハ上の複数のアライメントショット領域（露光条件の1つとして指定された特定の少なくとも3つのショット領域）それぞれに対応して設けられた複数のウエハマークを検出して得られる各アライメントショット領域の実測位置情報に基づいて統計演算（EGA演算）により各ショット領域のレチクルパターンの投影位置との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と選択された補正マップとに基づいて、ウエハ上の各ショット領域を露光のための加速開始位置（露光基準位置）に移動した後、当該各ショット領域を走査露光する（ステップ338、340）。

【0174】すなわち、本実施形態によると、上記の統計演算により得られる各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の線形成分を補正した各ショット領域のレチクルパターンの投影位置との位置合わせに用いられる位置情報を、選択した補正マップに含まれる対応する補正情報で補正した位置情報に基づいてウエハ上の各ショット領域が、露光のための加速開始位置に移動された後、当該各ショット領域の露光が行われる。従って、ウエハ上の各ショット領域は、位置ずれ量の線形成分のみならず非線形成分をも補正した位置に正確に移動された後露光が行われるので、重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

【0175】また、主制御系20がロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断した場合には、サブルーチン268に移行する。このサブルーチン268では、主制御系20が、ロット内の第2枚目以降のウエハWの露光に際しては、通常の8点EGAでの計測結果に基づいてウエハ上のショット領域の配列ずれの線形成分を補正するとともに、ショット領域の配列ずれの非線形成分については、ロット先頭のウエハと第2枚目以降のウエハとが同じ非線形成分を持っているものとみなして、非線形成分の補正值についてはロット先頭で求めた値をそのまま使用する（ステップ320、ステップ322）。このため、ロット内の全てのウエハに対して全点EGAを行う場合に比べて、計測点数の削減により、スループットを向上することができる。

【0176】また、サブルーチン268の処理において、前述したような評価関数の導入によって、経験則に

(21)

特開2002-353121

39

頼ることなく、明確な根拠に基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価することができる。そして、その評価結果に基づいてウエハW上の各ショット領域の位置ずれ量

(配列ずれ)の非線形成分を算出することができ、この算出結果とEGAにより求めたショット領域の配列ずれの線形成分とに基づいて、各ショット領域の配列ずれ

(線形成分のみならず非線形成分をも)、ひいては重ね合わせ補正位置を正確に求めることができる(ステップ308～ステップ322)。従って、上記各ショット領域の重ね合わせ補正位置に基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための加速開始位置(走査開始位置)にウエハWを順次ステップングさせつつ、レチクルパターンをウエハW上の各ショット領域に転写することにより、ウエハW上の各ショット領域にレチクルパターンを非常に高精度に重ね合わせることができる。

【0177】この一方、ホストコンピュータ150が、パイロットウエハ等の重ね合わせ誤差の計測結果に基づいてショット間誤差が支配的でないと判断した場合には(ステップ242、ステップ244)、ショット内誤差が非線形成分を含むか否かに応じて投影像の歪の補正残

留誤差が最小となる最適な露光装置の選択、あるいはプロセスプログラムの線形オフセットの再設定を行う。そして、線形オフセットが再設定されたプロセスプログラムに従った露光、あるいは選択された露光装置による露光が通常と同様の手順で行われる。

【0178】従って、本実施形態によると、スルーボットを極力低下させることなくかつ重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。これまでの説明からもわかるように、本実施形態に係るリソグラフィシステム110及びその露光方法によると、例えば同一のデバイス製造ラインで基準となる露光装置を用いて、ファーストレイヤ(第1層)のパターンの転写が行われたウエハ上の各ショット領域に他の露光装置を用いてレチクルパターンを精度良く重ね合わせることが可能となる。すなわち、本実施形態によると、露光装置相互間のステージのグリッド誤差などに起因する重ね合わせ誤差を非常に小さくすることが可能となる。特に、サブルーチン268の処理による場合には、ロット毎に変動するショット間誤差を精度良く補正することができ、また、サブルーチン270の処理による場合には、ショットマ

ップの変更やアライメントショットの変更毎に変動するショット間誤差を精度良く補正することができる。

【0179】なお、上記実施形態では、補正マップを作成するために、マークが検出される特定基板が基準ウエハであり、補正マップの作成の前提となる基板に関連する条件が、ショットマップデータの指定及びアライメントショット領域の選択に関する条件である場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、ショットマップデータの指定に関する条件毎に、補正マップを作成するのみであっても良いし、アラ

40

イメントショット領域の選択に関する条件毎に補正マップを作成するのみであっても良い。

【0180】また、特定基板として、実際に露光に用いられるプロセスウエハを用いても良い。かかる場合には、少なくとも2種類の条件として、基板が経由した少なくとも2種類のプロセスに関する条件を含むことができる。この場合、露光に用いられる全てのプロセスウエハについて、上記実施形態におけるステップ202～220と同様にして、補正マップをそれぞれ作成し、露光に先立って、ステップ332の処理に代えてその露光に用いられるウエハに対応する補正マップを選択する処理を行うことにより、上記実施形態と同等の効果を得ることができる。すなわち、かかる場合にも、スルーボットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。この場合には、プロセス処理に起因する誤差の補正が可能となる。

【0181】なお、上記実施形態では、サブルーチン268において、ロット内の第2枚目以降については、8点EGAを行うものとしたが、EGAの計測点数(アライメントマーク数(通常はサンプルショット数に対応)は、統計演算で求める未知パラメータ(上記実施形態では6つ)の数より多ければ、いくつでも良いことは勿論である。

【0182】なお、上記実施形態において、ウエハ上の露光対象のショット領域に、ウエハ周辺のショット領域(いわゆるエッジショット領域)であって欠けショット領域があり、かつその欠けショット領域には必要なマークが存在しないため、前述した補正マップ中にその欠けショット領域の補正情報が含まれない場合が生じる可能性がある。

【0183】このような場合には、統計処理により、その欠けショット領域における非線形歪みを推定することが望ましい。ここで、この欠けショット領域の非線形歪みの推定方法の一例について説明する。

【0184】図10には、ウエハWの周辺部の一部が示されている。このウエハWに関し、前述の手順で求められた補正マップ中の非線形歪成分( $d x_1$ 、 $d y_1$ )が図中に示されている。この図10の場合、基準ウエハのショット領域S<sub>1</sub>に対応するショット領域には、基準マークが存在しないため、その補正情報(非線形歪成分)は補正マップの作成時には得られていないものとする。かかる前提の下、露光の際に指定されたショットマップデータには、ショット領域S<sub>1</sub>が含まれていた場合について考える。

【0185】このような場合に、主制御系20では、指定されたアライメントショット領域の情報を基に、EGA方式のウエハアライメントを行い、ショット領域S<sub>1</sub>を含むウエハW上の全てのショット領域の中心点の座標値( $x_1$ 、 $y_1$ )を求める。次いで、主制御系20では、ショット領域S<sub>1</sub>の補正情報( $\Delta x$ 、 $\Delta y$ )を、例え

(22)

特開2002-353121

41

ば、次式(8)、(9)を用いて算出する。

【0186】

【数7】

$$\Delta x = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i \times W(r_i)}{\sum_{i=1}^n W(r_i)} \quad \dots (8)$$

$$\Delta y = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta y_i \times W(r_i)}{\sum_{i=1}^n W(r_i)} \quad \dots (9)$$

【0187】上記式(8)、(9)において、 $r_i$ は、着目するショット領域( $S_i$ )から隣接するショット領域( $S_1, S_2, S_3, S_4$ )に対する距離であり、 $W(r_i)$ は、図11のようなガウス分布で仮定される重みである。この場合、標準偏差は、隣接するショット領域間の距離(ステップピッチ)程度である。

【0188】このようにして、算出したショット領域 $S_i$ のような欠けショット領域の補正情報( $\Delta x$ 、 $\Delta y$ )と、上記のウェハアライメントで得られたその欠けショット領域の位置情報とに基づいて、ウェハ上のその欠けショット領域を露光のための加速開始位置(露光基準位置)に移動して、走査露光を行うことにより、欠けショット領域に対しても重ね合わせ精度良くレチクルパターンを転写することが可能となる。

【0189】なお、上記実施形態では図4のフローチャートに従ってホストコンピュータ150が、重ね合わせ誤差情報の解析、ショット間誤差が支配的か否かの判断、プロセスプログラムの線形オフセットの再設定、最適な露光装置の選択、ショット間誤差が支配的である場合のショット間誤差が非線形成分を含むか否かの判断などを、自動的に行う場合について説明したが、これらの処理は、オペレータが行うようにすることも勿論可能である。

【0190】また、上記実施形態では、露光装置100、の主制御系20(CPU)が、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいか否かの判断を行い、その判断結果に基づいてサブルーチン268、270のいずれに移行するかを決定することとしたが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、露光装置100に、サブルーチン268、270の処理を選択可能なモードをそれぞれ用意し、上記のロット間の重ね合わせ誤差が大きいか否かの判断を重ね合わせ測定器の測定結果に基づいてオペレータが行い、この判断結果に基づいて、対応するモードを選択することとしても良い。

【0191】なお、上記実施形態のサブルーチン268では、ロット先頭のウェハの露光に際して、全ショット領域のウェハマークの計測結果を用いてEGA演算により算出したショット配列座標と補完関数に基づいて算出した配列座標の非線形成分とに基づいて、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めするものとしたが、これに限らず、ステップ308で計測した各ショット領域の位置ずれ量の実測値に基づいて、EGA演算を行うことなく、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めすること

42

としても良い。

【0192】また、上記実施形態において、 $n$ が3以上の整数に設定されている場合には、ロット内の最初の( $n-1$ )枚(複数枚)のウェハについては、ステップ308からステップ318までの処理が、繰り返し行われることとなるが、この際、ステップ318では、第2枚目から $n-1$ 枚目までのウェハについては、全ショット領域の配列ずれの非線形成分(補正值)を、例えばそれまでの各回の演算結果の平均値に基づいて求めることとすれば良い。勿論、第 $n$ 枚目( $n \geq 3$ )以降のウェハでも、第( $n-1$ )枚目までの少なくとも2枚のウェハでそれぞれ算出される非線形成分(補正值)の平均値を用いるようにしても良い。

【0193】さらに、図5のステップ312では、ステップ308で計測した位置座標と設計上の位置座標とステップ310で算出した位置座標(計算値)とを用いて各ショット領域の位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離したが、線形成分と非線形成分とを分離することなく、非線形成分のみを求めても良い。この場合には、ステップ308で計測した位置座標とステップ310で算出した位置座標との差を非線形成分とすれば良い。また、図5のステップ304及び図9のステップ336のサーチアライメントはウェハWの回転誤差が許容範囲内であるときなどは行わなくても良い。さらに、図4のステップ262では露光装置の選択を行うものとしたが、使用する露光装置がグリッド補正機能を有しているときは、ステップ262を省略しても良く、ステップ266の判断結果に応じてグリッド補正機能を選択するだけでも良い。

【0194】また、上記実施形態では、グリッド補正機能を有する露光装置100が、前述した第1のグリッド補正機能及び第2のグリッド補正機能の両者を有する場合について説明したが、これに限らず、露光装置は、第1のグリッド補正機能及び第2のグリッド補正機能の一方のみを有していても良い。すなわち、図4のステップ268、270などのサブルーチンをそれぞれ単独で実施しても良い。

【0195】また、上記実施形態では、図4のアルゴリズムのうち、一部のステップをホストコンピュータ150が実行し、残りのステップを露光装置100を含む露光装置100が実行し、特にステップ264、266、268、270を露光装置100が実行する場合について説明した。しかし、これに限らず、図4のアルゴリズムの全て、あるいは上記実施形態でホストコンピュータ150が実行したステップの一部を、例えば露光装置100と同様のグリッド補正機能を有する露光装置が行うような構成を採用することも可能である。

【0196】◀第2の実施形態▶次に、本発明の第2の実施形態を図12～図15に基づいて説明する。

【0197】本第2の実施形態では、リソグラフィシス



(23)

特開2002-353121

43

テムの構成等は、第1の実施形態と同様になっており、ショット領域サイズより小さい間隔で、基準マークが形成された基準ウエハを用いて第1補正マップが作成される点、及び図4のサブルーチン270における処理が前述した第1の実施形態と相違するのみである。以下、これらの相違点を中心として、説明する。

【0198】まず、予め行われる第1補正マップの作成の際の動作の流れについて、露光装置100、の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを簡略化して示す図12のフローチャートに基づいて説明する。

【0199】前提として、前述した第1の実施形態の場合と同様にして、プロセスウエハ上のショット領域間隔より小さい所定ピッチ、例えば1mmピッチで矩形領域及び各矩形領域に対応して基準マークが設けられた基準ウエハ（以下、便宜上「基準ウエハW<sub>1</sub>」と呼ぶ）が作製されているものとする。なお、以下の説明においては、基準マークに対応する各矩形領域をマーク領域と呼ぶものとする。

【0200】なお、この基準ウエハの作製に際して用いられる露光装置は、前述と同じ基準となる露光装置（例えば、同一のデバイス製造ラインで用いられる最も信頼性の高いスキニング・ステップ）の他、信頼性の高い装置であれば、ステップなどの静止型の露光装置であっても良い。

【0201】まず、ステップ402において、不図示のウエハローダを用いて基準ウエハW<sub>1</sub>をウエハホルダ上にロードする。

【0202】次のステップ404では、そのウエハホルダ上にロードされた基準ウエハW<sub>1</sub>のサーチアライメントを、前述したステップ204と同様にして行う。

【0203】次のステップ406では、基準ウエハW<sub>1</sub>上の全てのマーク領域（ここでは、一例としてほぼ1mm角の領域）のステージ座標系における位置座標を、前述したステップ206と同様にして計測する。

【0204】次のステップ408では、上記ステップ406で計測した全てのマーク領域の位置座標と、それぞれの設計上の位置座標とに基づいて前述した式（2）のEGA演算を行い、前述した式（1）の6つのパラメータa～f（基準ウエハ上の各マーク領域の配列に関するローテーションθ、X、Y方向のスケールS<sub>x</sub>、S<sub>y</sub>、直交度Ort、X、Y方向のオフセットO<sub>x</sub>、O<sub>y</sub>の6つのパラメータに対応）を算出するとともに、この算出結果と各マーク領域の設計上の位置座標とに基づいて、全マーク領域の位置座標（配列座標）を算出し、その算出結果、すなわち基準ウエハ上の全マーク領域の位置座標を内部メモリの所定領域に記憶する。

【0205】次のステップ410では、基準ウエハ上の全てのマーク領域について、位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離する。具体的には、上記ステップ408で算出した各マーク領域の位置座標とそれぞれの設計

44

上の位置座標との差を位置ずれ量の線形成分として算出するとともに、前述したステップ406で実際に計測した全てのマーク領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差であるマーク領域の位置ずれ量から前記線形成分を差し引いた残差を位置ずれ量の非線形成分として算出する。

【0206】次のステップ412では、上記ステップ410で算出した各マーク領域の位置ずれ量を含むとともに、各マーク領域の位置ずれ量の非線形成分を基準ウエハW<sub>1</sub>上の各マーク領域の配列ずれを補正する補正情報として含む第1の補正マップを作成し、RAM等のメモリあるいは記憶装置に格納した後、本ルーチンの一連の処理を終了する。

【0207】その後、基準ウエハはウエハホルダ上からアンロードされる。

【0208】次に、本第2の実施形態におけるサブルーチン270の処理について説明する。

【0209】図13には、サブルーチン270において、同一ロット内の複数枚（例えば25枚）のウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムが示されている。以下、サブルーチン270において行われる処理について、図13のフローチャートに沿ってかつ適宜他の図面を参照しつつ説明する。

【0210】前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。

【0211】まず、サブルーチン431において、前述したサブルーチン201と同様の手順で、所定の準備作業を行った後、ステップ432に進む。ステップ432では、前述したステップ262においてホストコンピュータ150から露光指示とともに与えられた露光条件の設定指示情報に基づいて、上記の所定の準備作業中に選択したプロセスプログラムファイル内に含まれるショットマップデータと、RAM内に記憶されている第1の補正マップとに基づいて、第2の補正マップ（ショットマップデータで規定される各ショット領域の位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップ）を作成して、RAM内に記憶する。すなわち、このステップ432では、第1補正マップ内の各マーク領域の位置ずれ量と、所定の評価関数とに基づいて、基準ウエハW<sub>1</sub>の非線形歪みを評価し、この評価結果に基づいて補完関数（位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を表現する関数）を決定する。そして、この決定した補完関数と、前記各ショット領域の中心点に対応するマーク領域（この場合、中心点を含むマーク領域）の補正情報とを用いて、補完演算を行って、各ショット領域の位置ずれ量の非線形成分を補正する補正情報から成る第2補正マップを作成する。

【0212】ここで、このステップ432における処理

(24)

特開2002-353121

45

を詳述する。図14には、基準ウエハ $W_1$ の平面図が示され、図15には、図14の円F内の拡大図が示されている。基準ウエハ $W_1$ 上には、所定ピッチ、例えば1mmピッチで複数の矩形のマーク領域 $S_k$ （総数 $N$ ）がマトリクス状配置で形成されている。図14において、ショットマップデータで指定された1つのショット領域に対応する領域が矩形領域 $S_k$ として示され、この領域が図15では太枠で示されている。図15において、各マーク領域内に矢印で示されるベクトル $r_k$ （ $k=1, 2, \dots, 1, \dots, N$ ）は、各マーク領域の位置

ずれ量（配列ずれ）を示すベクトルである。 $k$ はそれぞれのマーク領域の番号を示す。また、符号 $s$ は、図15に示される着目するマーク領域 $S_k$ の中心を中心とする円の半径を示し、 $l$ は、着目する $k$ 番目のマーク領域から半径 $s$ の円内に存在するマーク領域の番号を示す。

【0213】上述の説明から明らかなように、ステップ432における処理において、評価関数として前述した評価関数 $W_1(s)$ を用いることができ、また、補完関数としては、前述した補完関数 $\delta_1(x, y)$ 、 $\delta_2(x, y)$ を用いることができる。上記の評価関数 $W_1(s)$ によると、 $s$ の値に応じて $W_1(s)$ の値が変化する。前述の如く経験則に頼ることなく、基準ウエハ（又はウエハ）の非線形歪みの規則性や程度を評価することができ、この評価結果を用いることにより、前述した手順で、位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を表現する最適な $P$ 、 $Q$ を決定することができる。【0214】そこで、上述のようにして決定した式（5）、（6）の補完関数に、第1の補正マップ内に補正情報として記憶されている、座標 $(x, y)$ のマーク領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分の $X$ 成分 $\Delta X(x, y)$ 、 $Y$ 成分 $\Delta Y(x, y)$ を、それぞれ代入して、フーリエ級数係数 $A_{00}$ 、 $B_{00}$ 、 $C_{00}$ 、 $D_{00}$ 及び $A_{10}$ 、 $B_{10}$ 、 $C_{10}$ 、 $D_{10}$ を定め、これにより、補完関数を具体的に決定する。そして、このフーリエ級数係数 $A_{00}$ 、 $B_{00}$ 、 $C_{00}$ 、 $D_{00}$ 及び $A_{10}$ 、 $B_{10}$ 、 $C_{10}$ 、 $D_{10}$ をも決定した補完関数に、ウエハ上の各ショット領域の中心点の座標を代入することにより、ウエハ上の全ショット領域の配列ずれの非線形成分の $X$ 成分（補完値、すなわち補正値）及び $Y$ 成分（補完値、すなわち補正値）を算出した後、この算出結果に基づいて第2の補正マップを作成し、その第2補正マップを内部メモリの所定領域に一時的に記憶する。また、このとき、補正マップ以外のデータ、すなわちフーリエ級数係数が決定された補完関数などのデータを、RAM内に記憶する。

【0215】なお、上記のウエハ $W$ 上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を評価するに際して、第1、第2ベクトルとして各マーク領域における位置ずれベクトルが用いられるが、これに限らず、補正情報すな

46

わち各マーク領域の位置ずれ量の非線形成分を示すベクトルを用いても良い。

【0216】図13に戻り、次のステップ434では、不図示のウエハロードを用いてウエハホルダ上の露光処理済みのウエハと未露光のウエハとを交換する。但し、ウエハホルダ上にウエハのない場合は、未露光のウエハをウエハホルダ上に単にロードする。

【0217】次のステップ436では、そのウエハホルダ上にロードされたウエハのサーチアライメントを前述と同様の手順で行う。

【0218】次のステップ438では、ショットマップデータ及びアライメントショット領域の選択情報などのショットデータに従って、EGA方式のウエハアライメントを前述と同様にして行い、ウエハ上の全ショット領域の位置座標を算出し、内部メモリの所定領域に記憶する。

【0219】次のステップ440では、前述した内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、内部メモリに一時的に格納された第2補正マップ内のそれぞれのショット領域についての位置ずれ量の非線形成分の補正値とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量（線形成分及び非線形成分）が補正された重ね合わせ補正位置を算出するとともに、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハ上の各ショット領域に対する露光のための走査開始位置（加速開始位置）にウエハステージ（ウエハ）を順次移動させる動作と、レチクルステージとウエハステージとを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭（ロット内の第1枚目）のウエハ $W$ に対する露光処理が終了する。

【0220】次のステップ442では、予定枚数のウエハに対する露光が終了したか否かを判断し、この判断が否定された場合には、ステップ434に戻り、以後上記処理、判断を繰り返す。

【0221】このようにして、予定枚数のウエハ $W$ に対して露光が終了すると、ステップ442における判断が肯定され、図13のサブルーチンの処理を終了し図4に戻り、一連の露光処理を終了する。

【0222】ところで、サブルーチン270におけるステップ432では、ホストコンピュータ150から露光指示とともに指示された露光条件に対応するプロセスプログラムに含まれるショットマップデータ（指定されたショットマップデータ）と第1の補正マップとに基づいて、第2の補正マップが作成される。従って、そのショットマップデータとして異なるショットマップデータが指定された場合、すなわちショットマップデータが変更された場合には、ステップ432において変更後のショットマップデータに基づいて、第2補正マップの書き



(25)

47

換えが行われる。具体的には、主制御系20が、RAM内に格納されているフーリエ級数係数が決定された補完関数を読み出し、これに変更後のショットマップデータに従ってウエハ上の各ショット領域の中心点の座標を代入することにより、その変更後のショットマップデータに従うウエハ上の各ショット領域の配列ずれの非線形成分のX成分（補完値、すなわち補正値）及びY成分（補完値、すなわち補正値）を算出した後、この算出結果に基づいて第2の補正マップを書き換え、その書き換え後の第2補正マップを内部メモリの所定領域に一時的に記憶する。その後、前述したステップ434～442と同様の処理・判断を繰り返す。

【0223】ショットマップデータが変更されない間は、前述と同様の処理が行われることは言うまでもない。

【0224】なお、図12のステップ410では、ステップ406で計測した位置座標と設計上の位置座標とステップ408で算出した位置座標（計算値）とを用いて各マーク領域の位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離したが、線形成分と非線形成分とを分離することなく、非線形成分のみを求めても良い。この場合には、ステップ406で計測した位置座標とステップ408で算出した位置座標との差を非線形成分とすれば良い。また、図13のステップ436のサーチアライメントは、ウエハWの回転誤差が許容範囲内であるときなどは行わなくても良い。

【0225】以上説明したように、本第2の実施形態によると、基準ウエハ上の複数の基準マークを検出して各基準マークに対応するマーク領域の位置情報を計測し、この計測された位置情報を用いて統計演算（EGA演算）により各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出する。次いで、計測された位置情報と計算上の位置情報とに基づいて、各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成する。この場合、第1補正マップの作成は、露光とは無関係に予め行うことができるので、露光の際のスループットに影響を与えない。

【0226】そして、露光に先立って、ショットマップデータが露光条件の1つとして指定されると、その指定されたショットマップデータに基づいて第1補正マップを、各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換する。次いで、ウエハ上の複数のマーク（アライメントショット領域のウエハマーク）を検出して得られるショット領域のステージ座標系上における位置情報に基づいて統計演算（EGA演算）によりショット領域それぞれの所定点（レチクルパターンの投影位置）との位置合わせに用いられる位置情報を求め、その位置情報と第2補正マップとに基づいて、ウエ

特開2002-353121

48

ハ上の各ショット領域を加速開始位置に移動した後、各ショット領域を露光する。すなわち、上記のショット領域のステージ座標系上における位置情報（実測位置情報）に基づいて行われる統計演算（EGA演算）により得られる各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の線形成分を補正した各ショット領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を、第2補正マップに含まれる対応する補正情報で補正した位置情報を目標位置として、ウエハ上の各ショット領域が加速開始位置に移動された後、当該各ショット領域の露光が行われる。従って、ウエハ上の各ショット領域は、位置ずれ量の線形成分のみならず非線形成分をも補正した位置に正確に移動された後露光が行われるので、重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

【0227】従って、本第2の実施形態によると、第1の実施形態と同様に、スループットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。また、本第2の実施形態によると、基準ウエハ上の基準マークの検出結果に基づいて得られた補正情報により、最終的にウエハ上の各ショット領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報が補正されるので、例えば同一のデバイス製造ラインで基準となる全ての露光装置を、基準ウエハを基準として重ね合わせ精度の向上を図ることができる。

【0228】また、本第2の実施形態では、露光に先立って、ショットマップデータが露光条件の1つとして指定されると、その指定されたショットマップデータに基づいて第1補正マップを、各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換するので、各露光装置におけるショットマップデータ（ウエハ上のショット領域の配列に関する情報の一担）の如何に関わらず、複数の露光装置間の重ね合わせ露光を高精度に行うことが可能となる。

【0229】また、本第2の実施形態では、第1補正マップから第2補正マップへの変換を、基準ウエハ上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を前述した評価関数を用いて評価した評価結果に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記各マーク領域の補正情報とに基づいて、前記各区域領域の基準位置（中心位置）毎に、補完演算を行うことによって実現するものとした。このため、その変換に際して、ウエハ上の全ての点の非線形歪み（補正情報）を算出するための具体的な補完関数が決定される。このため、ショットマップデータの変更により各ショット領域が変更されても、変更後のショット領域毎にその座標を上記の具体的な補完関数に代入することによって、容易に変更後の各ショット領域の補正情報を求めることができる。従ってショットマップデータの変更への対処も容易となっている。

【0230】また、本第2の実施形態では、ウエハ上の

(25)

特開2002-353121

49

50

露光対象のショット領域に、ウエハ周辺のショット領域（いわゆるエッジショット領域）であって欠けショット領域があり、かつその欠けショット領域には必要なマークが存在しないため、前述した第1補正マップ中にその欠けショット領域の補正情報が含まれない場合があっても特に支障なく、その欠けショット領域の補正情報を求めることができる。

【0231】すなわち、本第2の実施形態では、ショットマップデータにその欠けショット領域が含まれていれば、上記のマップの変換に際して、その欠けショット領域の基準位置（中心位置）の座標も上記の具体的な補完関数に代入されて、その欠けショット領域の補正情報が自動的に算出されるからである。

【0232】しかしながら、第1補正マップから第2補正マップへの変換の方法は、これに限らず、各ショット領域の基準位置（中心位置）毎に、隣接する複数のマーク領域についての補正情報に基づき、先に説明したガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、各基準位置の補正情報を算出することにより行うこともできる。この場合において、その重み付け平均演算の対象となる隣接するマーク領域の範囲を、前述した評価関数を用いて計算しても良い、あるいは、各ショット領域の基準位置（中心位置）毎に、評価関数を用いて計算した範囲内の隣接するマーク領域の単純平均を用いても良い。同様に、上記第1の実施形態において、前述した欠けショット領域の補正情報を求める場合に、評価関数と重み付け平均、あるいは単純平均との組み合わせを用いても良い。

【0233】なお、上記各実施形態では、サブルーチン268におけるロット先頭のウエハの位置ずれ量の線形成分の補正データを、全ショット領域のアライメントショット領域としたEGA演算により求めるものとしたが、これに限らず、ロット内の2枚目以降のウエハと同様に指定されたアライメントショット領域のマークの検出結果を用いたEGA演算により求めることとしても良い。

【0234】また、上記各実施形態では、EGA方式のウエハアライメントを行うに際し、アライメントショット領域（全ショット領域又はその内の特定の複数のショット領域がアライメントショット領域として選択されている場合は、その選択された特定のショット領域）のアライメントマークの座標値を用いるものとしたが、例えばアライメントショット領域毎にその設計上の座標値に従ってウエハWを移動してレチクルR上のマーク、又はアライメント系ASの指標マークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて統計演算によってショット領域毎に設計上の座標値からの位置ずれ量を算出しても良いし、あるいはショット領域間のステップピッチの補正量を算出しても良い。

【0235】さらに、上記各実施形態では、EGA方式

を前提に説明を行ったが、EGA方式の代わりに重み付けEGA方式を用いても良いし、あるいはショット内多点EGA方式等を用いても良い。なお、重み付けEGA方式のウエハアライメントについては、例えば特開平5-304077号公報などに詳細に開示されている。

【0236】すなわち、この重み付けEGA方式では、ウエハ上の複数のショット領域（区画領域）のうち、予め選択された少なくとも3つのサンプルショット領域の静止座標系上における位置座標を計測する。次いで、ウエハ上のショット領域毎に、当該ショット領域（その中心点）とサンプルショット領域（その中心点）の各々との間の距離に応じて、あるいはショット領域とウエハ上で予め規定された所定の着目点との間の距離（第1情報）と、当該着目点とサンプルショット領域の各々との間の距離（第2情報）とに応じて、サンプルショット領域の静止座標系上における位置座標の各々に重み付けを行い、かつこの重み付けされた複数の位置座標を用いて統計演算（最小二乗法、又は単純なる平均化処理等）を行うことにより、ウエハ上の複数のショット領域の各々の静止座標系上における位置座標を決定する。そして、決定された位置座標に基づいて、ウエハ上に配列された複数のショット領域の各々を、静止座標系内の所定の基準位置（例えば、レチクルパターンの転写位置）に対して位置合わせする。

【0237】このような重み付けEGA方式によると、局所的な配列誤差（非線形な歪み）が存在するウエハであっても、サンプルショット領域数が比較的少なくても済み、かつ計算量を抑えながら、所定の基準位置に対して全てのショット領域を高精度、高速にアライメントすることが可能である。

【0238】ところで、重み付けEGA方式では、上記公報にも開示されるように、例えば次の式（11）で表されるような重み付け $W_{in}$ を用いて、式（10）で表されるような残差の二乗和 $E_i$ が最小となるようなパラメータ $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$ をショット領域毎に求める。

【0239】

【数8】

$$E_i = \sum_{n=1}^N W_{in} \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (10)$$

$$W_{in} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} e^{-L_n^2/2S^2} \quad \dots (11)$$

【0240】上式（11）において、 $L_n$ は、対象となるショット領域（1番目のショット領域）と $n$ 番目のサンプルショット領域との距離である。Sは、重み付けを決定するパラメータである。

【0241】あるいは、重み付けEGA方式では、次の式（13）で表されるような重み付け $W_{in}$ を用いて、

(27)

特開2002-353121

51

式(12)で示されるような残差の二乗和 $E_1$ が最小となるようなパラメータ $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$ をショット領域毎に求める。

【0242】

【数9】

$$E_1 = \sum_{n=1}^N W_n \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \dots (12)$$

$$W_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} e^{-\frac{(x_n - x_0)^2}{2s^2}} \dots (13)$$

【0243】式(13)において、 $L_{n1}$ は、対象となるショット領域(1番目のショット領域)と着目点(ウェハセンタ)との距離、 $L_{nn}$ は、 $n$ 番目のサンプルショット領域と着目点(ウェハセンタ)との距離である。また、式(11)、(13)におけるパラメータ $S$ は、一例として次式(14)で表される。

【0244】

【数10】

$$S = \frac{B^2}{8 \cdot \log_e 10} \dots (14)$$

【0245】式(14)において、 $B$ は、重みパラメータであり、この重みパラメータ $B$ の物理的意味は、ウェハ上の各ショット領域の位置座標を計算するのに有効なサンプルショット領域の範囲(以下、単に「ゾーン」と呼ぶ)である。従って、ゾーンが大きい場合は有効なサンプルショット領域の数が多くなるので、従来のEGA方式で得られる結果に近くなる。逆にゾーンが小さい場合は、有効なサンプルショット領域の数が少なくなるので、D/D方式で得られる結果に近くなる。前述した評価関数を用いることにより、ゾーンを適切かつ簡単に決定することが可能である。

【0246】また、ショット内多点EGA方式は、例えば特開平6-349705号公報などに開示されており、アライメントショット領域毎に複数のアライメントマークを検出して $X$ 、 $Y$ 座標をそれぞれ複数個ずつ得るようにし、EGA方式で用いられるウェハの伸縮、回転等に対応するウェハパラメータの他に、ショット領域の回転誤差、直交度、及びスケールリングに対応するショットパラメータ(チップパラメータ)の少なくとも1つをパラメータとして含むモデル関数を用いて各ショット領域の位置情報、例えば座標値を算出するものである。

【0247】これを見に詳述すると、このショット内多点EGA方式は、基板上に配列された各ショット領域内の基準位置に対してそれぞれ設計上一定の相対位置関係で配置された複数個のアライメントマーク(1次元マーク、2次元マークのいずれでも良い)がそれぞれ形成され、これら基板上に存在するアライメントマークの中から所定数のアライメントマークであって、 $X$ 位置情報の数と $Y$ 位置情報の数との和が上記モデル関数に含まれるウェハパラメータ及びショットパラメータの総数より多

52

く、かつ少なくとも同一のアライメントショット領域について同一方向に複数の位置情報が得られる所定数のアライメントマークの位置情報を計測する。そして、これらの位置情報を、上記モデル関数に代入し、最小自乗法等を用いて統計処理することにより、そのモデル関数に含まれるパラメータを算出し、このパラメータと、各ショット領域内の基準位置の設計上の位置情報及び基準位置に対するアライメントマークの設計上の相対位置情報から、各ショット領域の位置情報を算出するものである。

10

【0248】これらの場合も、位置情報として、アライメントマークの座標値を用いても良いが、アライメントマークに関する位置情報であって統計処理に適切な情報であれば、如何なる情報を用いて統計演算を行っても良い。

【0249】その他、上記の評価関数を用いた評価結果により得られる半径 $s$ に基づいて、EGA方式、あるいは重み付けEGA方式、又はショット内多点EGA方式におけるEGA計測点数を適切に決定することもできる。

20

【0250】なお、上記各実施形態では、マーク検出系として、オフアクシス方式のFIA系(結像式のアライメントセンサ)を用いる場合について説明したが、これに限らずいかなる方式のマーク検出系を用いても構わない。すなわち、TTR(Through The Reticle)方式、TTL(Through The Lens)方式、またオフアクシス方式の何れの方式であっても、更には検出方式がFIA系などで採用される結像方式(画像処理方式)以外、例えば回折光又は散乱光を検出する方式などであっても構わない。例えば、ウェハ上のアライメントマークにコヒーレントビームをほぼ垂直に照射し、当該マークから発生する同次数の回折光(±1次、±2次、……、± $n$ 次回折光)を干渉させて検出するアライメント系でも良い。この場合、次数毎に回折光を独立に検出し、少なくとも1つの次数での検出結果を用いるようにしても良いし、波長が異なる複数のコヒーレントビームをアライメントマークに照射し、波長毎に各次数の回折光を干渉させて検出しても良い。

30

【0251】また、本発明は上記各実施形態の如き、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に限らず、ステップ・アンド・リピート方式、又はプロキシミティ方式の露光装置(X線露光装置等)を前提とする各種方式の露光装置にも全く同様に適用が可能である。

【0252】なお、露光装置で用いる露光用照明光(エネルギービーム)は紫外光に限られるのではなく、X線(EUV光を含む)、電子線やイオンビームなどの荷電粒子線などでも良い。また、DNAチップ、マスク又はレチクルなどの製造用に用いられる露光装置でも良い。

【0253】《デバイス製造方法》次に、上述した各実施形態に係るリソグラフィシステム及びその露光方法を

50

(28)

特開2002-353121

53

リソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0254】図16には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図16に示されるように、まず、ステップ601（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、

ステップ602（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ603（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0255】次に、ステップ604（ウエハ処理ステップ）において、ステップ601～ステップ603で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ605（デバイス組立ステップ）において、ステップ604で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ605には、ダ

インシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

【0256】最後に、ステップ606（検査ステップ）において、ステップ605で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0257】図17には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ604の詳細なフロー例が示されている。図17において、ステップ611（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ612（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ613（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ614（イオン打ち込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ611～ステップ614それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0258】ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ615（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ616（露光ステップ）において、上で説明した露光装置及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ617（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ618（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ619（レジスト除去ステップ）において、エッチ

54

ングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0259】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0260】以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ616）において、ロット毎のウエハの露光処理に際して、上記各実施形態に係るリソグラフィシステム及びその露光方法が用いられるので、スループットを極力低下させることなく、レチクルパターンとウエハ上のショット領域との重ね合わせ精度の向上を図った高精度な露光が可能となる。この結果、スループットを低下させることなく、より微細な回路パターンを重ね合わせ精度良くウエハ上に転写することが可能になり、高集積度のマイクロデバイスの生産性（歩留まりを含む）を向上させることができる。特に、光源にF、レーザ光源等の真空紫外光源を用いる場合には、投影光学系の解像力の向上とあいまって、例えば最小線幅が0.1μm程度であってもその生産性の向上が可能である。

【0261】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る露光方法によれば、重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことができるという効果がある。

【0262】また、本発明に係るデバイス製造方法によれば、マイクロデバイスの生産性を向上させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の露光方法を実施するための第1の実施形態に係るリソグラフィシステムの構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の露光装置100の概略構成を示す図である。

【図3】第1の実施形態において、基準ウエハを用いて補正マップから成るデータベースを作成する際の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを概略的に示すフローチャートである。

【図4】リソグラフィシステム110によるウエハの露光処理に関する全体的なアルゴリズムを概略的に示すフローチャートである。

【図5】図4のサブルーチン268において、同一ロット内の複数枚のウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の露光装置100の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図6】図5のサブルーチン301の処理の一例を示すフローチャートである。

【図7】式（3）の評価関数の意味内容を説明するためのウエハWの平面図である。

【図8】図7に示されるウエハに対応する具体的な評価関数 $W_i(s)$ の一例を示す線図である。

(29)

特開2002-353121

55

56

【図9】図4のサブルーチン270において、同一ロット内の複数枚のウェハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の露光装置100の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図10】欠けショット領域における非線形歪みを推定する方法を説明するための図である。

【図11】歪み $W(r_i)$ の分布として仮定されたガウス分布の一例を示す線図である。

【図12】本発明の第2の実施形態において、第1矯正マップの作成の際の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを簡略化して示すフローチャートである。

【図13】本発明の第2の実施形態において、図4のサブルーチン270における、同一ロット内の複数枚のウ\*

\*エハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の露光装置100の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図14】基準ウェハ $W_1$ を示す平面図である。

【図15】図14の円F内の拡大図である。

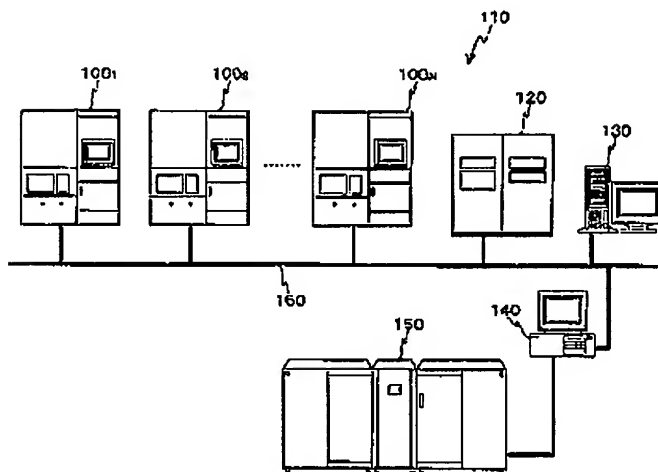
【図16】本発明に係るデバイス製造方法の一実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図17】図16のステップ604の詳細な処理の一例を示すフローチャートである。

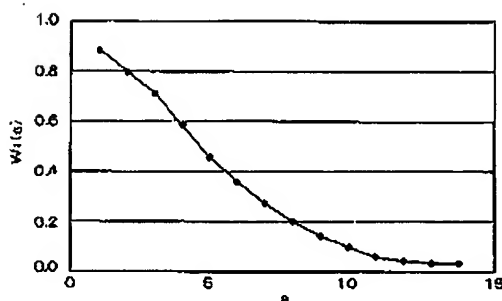
【符号の説明】

100、～100<sub>n</sub>……露光装置、W……ウェハ（基板）、 $W_1$ ……基準ウェハ（基準基板）、SB……マーク領域、S<sub>i</sub>……ショット領域（区画領域）。

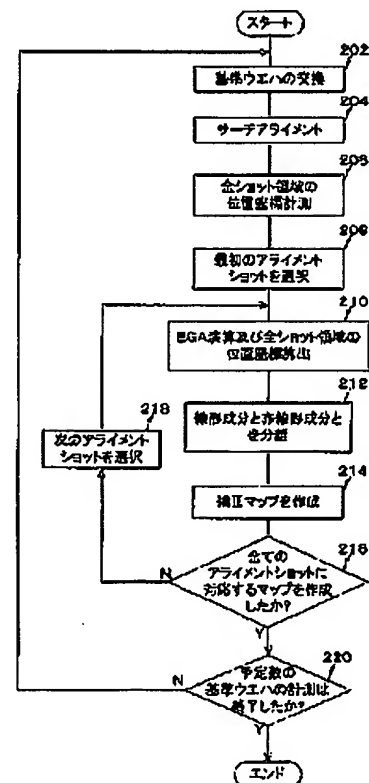
【図1】



【図8】



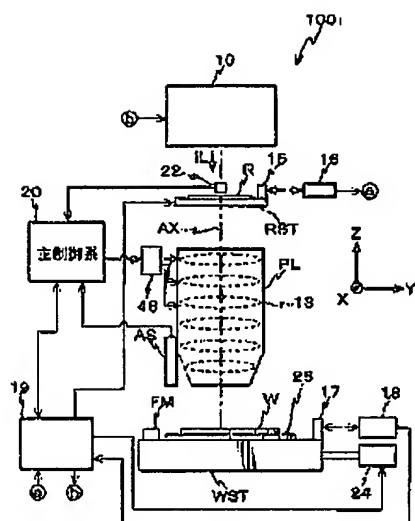
【図3】



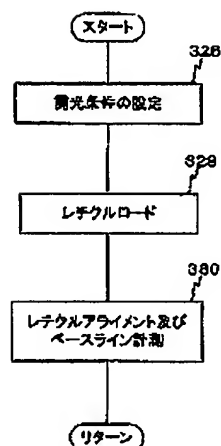
(30)

特開2002-353121

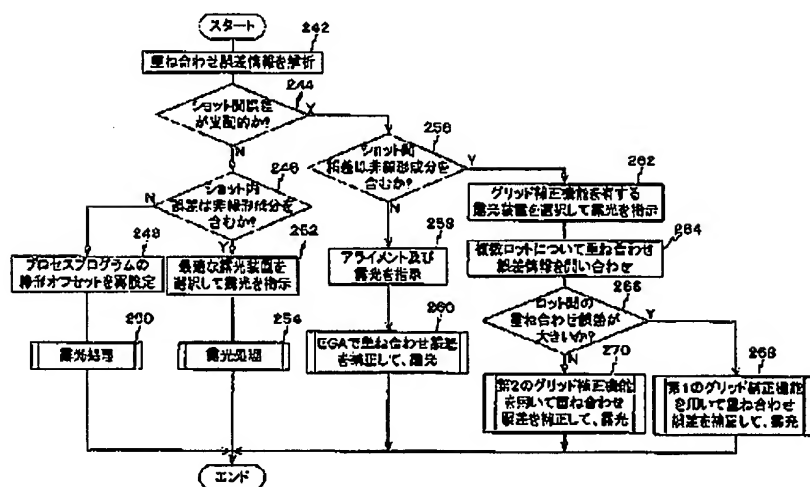
【圖2】



【圖6】



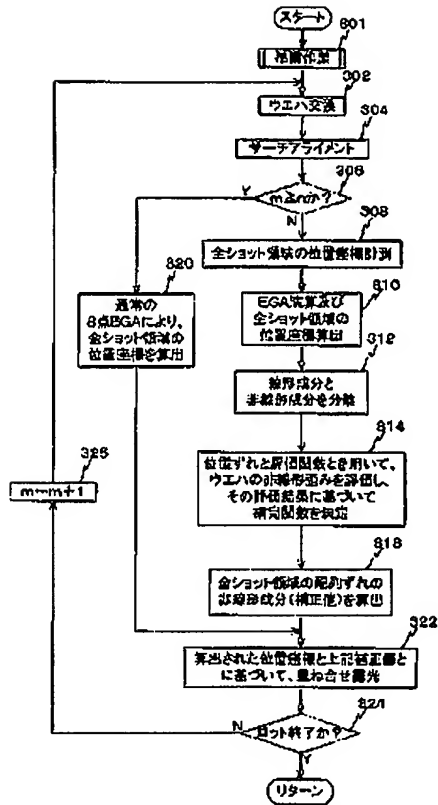
【圖4】



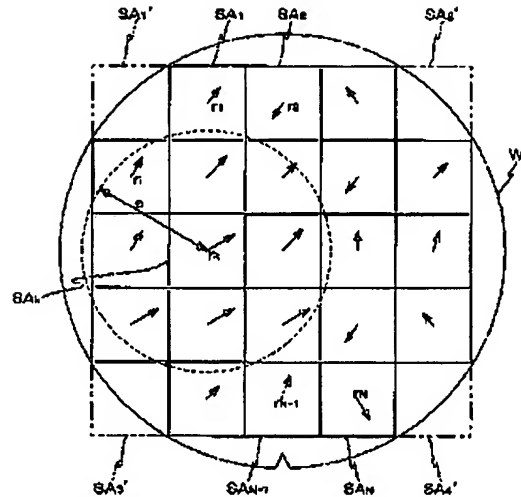
(31)

特開2002-353121

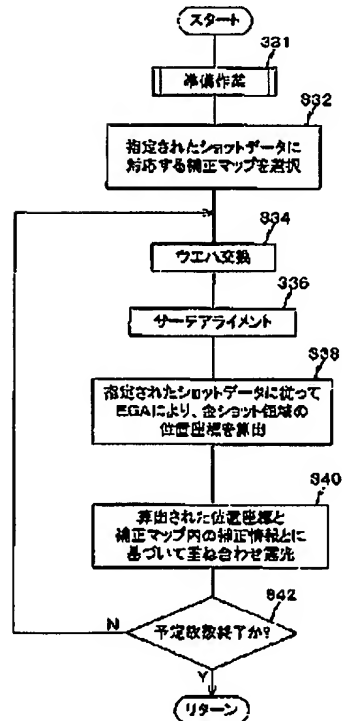
【図5】



【図7】



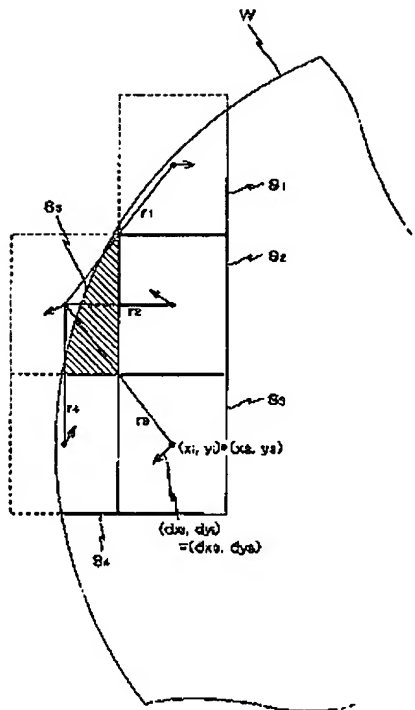
【図9】



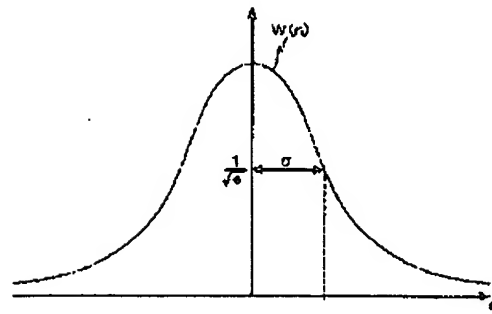
(32)

特開2002-353121

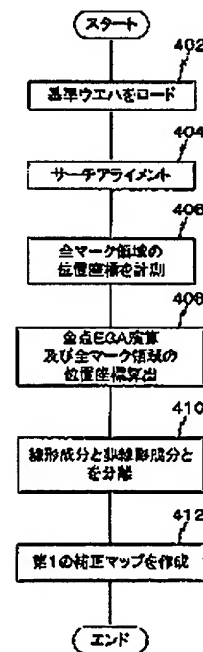
【図10】



【図11】



【図12】

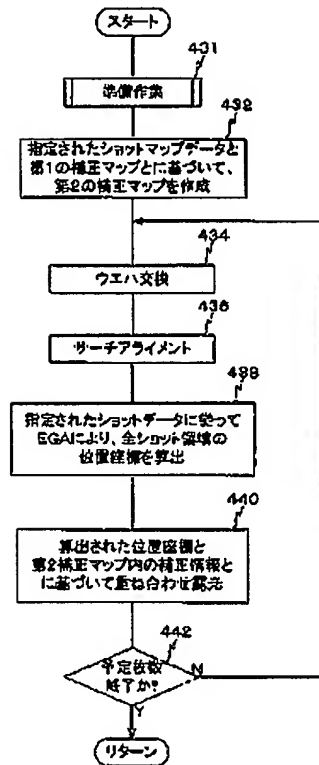




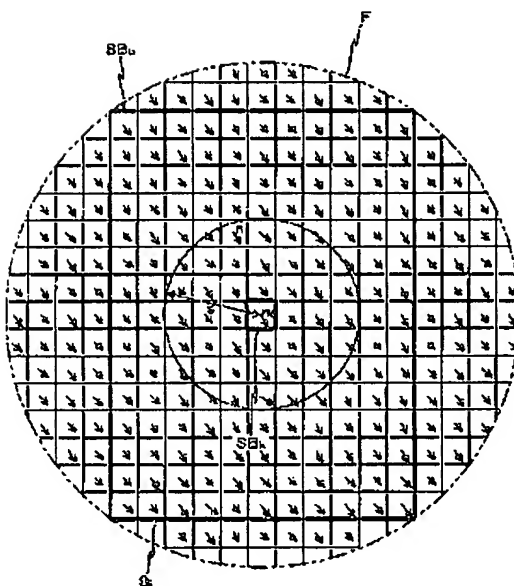
(33)

特開2002-353121

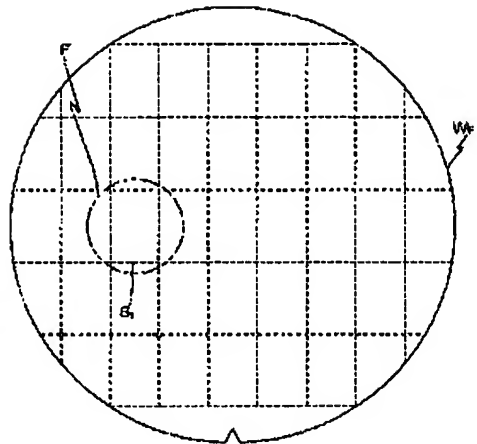
【図13】



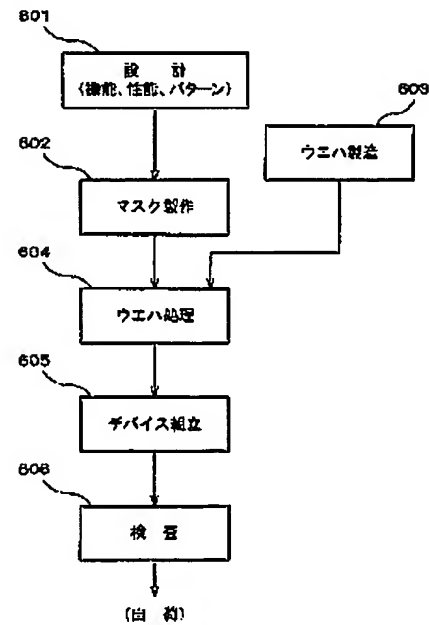
【図15】



【図14】



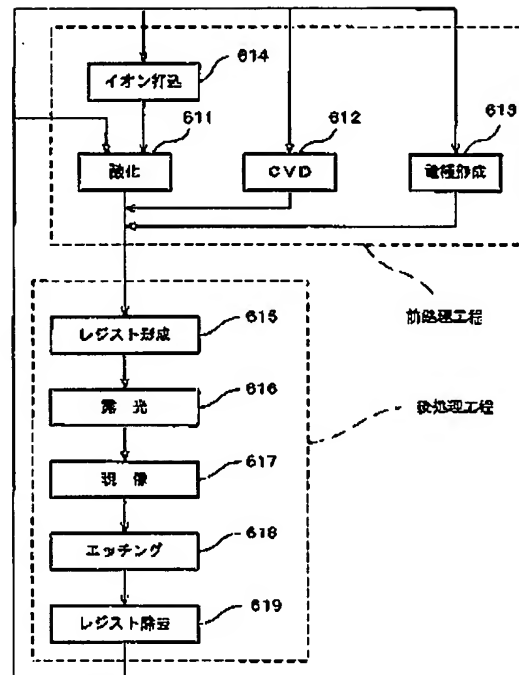
【図16】



(34)

特開2002-353121

〔図17〕



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**